



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**MICHAELL DOUGLAS BARBOSA PEREIRA**

**AS CHUVAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA: UMA ABORDAGEM  
GENÉTICA**

**JOÃO PESSOA-PB**

**2014**

**MICHAELL DOUGLAS BARBOSA PEREIRA**

**AS CHUVAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA: UMA ABORDAGEM  
GENÉTICA**

Monografia apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura.

**JOÃO PESSOA-PB**

**2014**

### **FICHA CATALOGRÁFICA**

P436c Pereira, Michael Douglas Barbosa.

As chuvas na cidade de João Pessoa: uma abordagem genética / Michael Douglas Barbosa Pereira.- João Pessoa, 2014.

93f. : il.

Orientador: Marcelo de Oliveira Moura

Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN

1. Climatologia. 2. Dinâmica atmosférica. 3. Precipitação pluviométrica - variabilidade - análise. 4. Clima - análise rítmica. 5. Pluviosidade.

UFPB/BC

CDU: 551.58(043.2)

MICHAELL DOUGLAS BARBOSA PEREIRA

## AS CHUVAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA: UMA ABORDAGEM GENÉTICA

Esta Monografia foi julgada e aprovada para a obtenção do Título de Bacharel em Geografia,  
no curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

Aprovada em: 18/03 / 2014.

### BANCA EXAMINADORA

Marcelo de Oliveira Moura

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura

Departamento de Geociências/UFPB

(Orientador)

Joel Silva dos Santos

Prof. Dr. Joel Silva dos Santos

Departamento de Engenharia e Meio Ambiente. Campos IV/UFPB

(Membro Externo)

Joselma Araújo de Lucena

Ms. Joselma Araújo de Lucena

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPE

(Membro Externo)

A Meus pais, meu irmão e minha futura esposa, pela  
dedicação, pelo verdadeiro companheirismo e amizade,  
À vocês eu dedico.

*Todas as torrentes hibernais correm para o mar,  
Contudo, o próprio mar não está cheio.  
Ao lugar de onde correm as torrentes hibernais,  
para lá elas voltam a fim de sair correndo.  
(Eclesiastes 1: 7)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jeová Deus por me ter restituído permanentemente de força, coragem e obstinação em prosseguir com o curso e realizar as disciplinas com seriedade e compromisso, assim como a minha família que empregaram seu tempo, paciência e dinheiro nos meus estudos e me ofereceram doses diárias de conhecimento até que eu tivesse condições de procurá-las por vontade própria.

Sou extremamente grato a minha namorada e futura esposa por sua dedicação, paciência, carinho e cumplicidade demonstrada em especial, durante o período de construção desta monografia.

Ressalto meus agradecimentos as pessoas mais íntimas como meus leais amigos cristãos que a todo tempo foram compreensivos e me ofereceram a melhor ajuda em todos os momentos de dificuldades, dentre estes, estão: Talles, Priscila Felix, Arlan França, Alan Henrique, Débora Felix, Leandro Domiciano, Gilmara, Leone Henrique, Leidaina, Paulo Vilar, Juliane, Jarderson, Luan, Fernanda Patrícia e outros.

Agradeço a todos os meus colegas de turma que se mantiveram perseverantes período após período, estes contribuíram de forma direta ou indireta em me incentivar nesse passo definitivo do meu curso.

Em especial sou muito grato a todos aqueles amigos de curso aos quais tive uma maior aproximação e aos quais serei eternamente feliz por tê-los conhecido, dentre estes, estão: Daniel Oliveira, Segundo Neto, Maria Clyvia, Natieli Tenório, José Fernandes, Gisele Cunha, Gisele Felix, Josilena, Sueize, Verônica, Jean, Diego Monteiro, Larissa Lavor, Vinicius, Rodrigo Brito, Iran Araujo, Raysa, Annely, Laciene Karoline, Tati Almeida, Eliane Campos.

Agradeço ao apoio e companheirismo de toda a família do LEGAT: Eliane Campos, Cecilia, Camila, Segundo Neto, Rejane, Raoni, Cristiane, Natieli Tenório, Franklin, Levi, Flavia, Gisele Cunha, Diego e Prof. Pedro Vianna.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura por ter me orientado em todo este longo trabalho, além da paciência, competência e incentivo que de longe já me fazia esperar o melhor deste trabalho.

Também vão meus profundos agradecimentos a todo o corpo do Departamento de Geografia da Universidade Federal da Paraíba/Campus I e em especial a Professora Lucimary Albuquerque por sempre ter sido uma pessoa tão acessível e bondosa e ao Professor Anieres por todas as suas importantes contribuições ao longo da disciplina de iniciação a pesquisa.

Quero estender meus agradecimentos ao Professor Pedro Costa Guedes Vianna pelo acolhimento junto ao grupo de pesquisas do LEGAT e ao fato de sempre ser uma pessoa bondosa, acessível e muito compreensivo, bem como por todo o incentivo, dedicação e confiança.

Agradeço a todos os competentes pesquisadores que se tornaram importantes referenciais para esta pesquisa.

Felizmente, ao longo do caminho, encontrei pessoas extremamente altruístas, que mesmo sem perceber me ajudaram imensamente tais como a "menina da xerox"(Cely).

Agradeço, enfim, a todas as pessoas que me apoiaram e que me deram ânimo para seguir em frente e continuar na luta, que não para, mas que é contínua pelo resto da vida e que na verdade se inicia com a entrega deste trabalho.



## RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo identificar as tendências habituais e extremas da participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre João Pessoa por meio de uma análise temporal de 1983 a 2012 de dados meteorológicos, compreendendo assim as variações no ritmo das chuvas, expondo, portanto, a gênese de tais variações. Tal análise, justifica-se pela carência de estudos com esse objetivo, que investigam a gênese das chuvas na cidade de João Pessoa, além deste fator, a referida cidade apresenta atualmente certo avanço no ritmo de sua urbanização o que implica uma maior vulnerabilidade socioambiental da população, exigindo um conhecimento mais detalhado da dinâmica atmosférica e principalmente da influência dela sobre os elementos climáticos mais expressivos, como a chuva. Para a execução desta pesquisa adotou-se como procedimento metodológico a Análise Rítmica do clima, proposta por Monteiro (1971). Na primeira etapa do trabalho, foi analisada a variabilidade da precipitação pluviométrica, por meio dos dados da série histórica. A série temporal recebeu os seguintes tratamentos estatísticos: cálculo de média, valores mínimo e máximo, desvio padrão e variação percentual. Foi analisada também a distribuição anual, sazonal e mensal das chuvas para seleção de anos-padrão (seco, habitual e chuvoso) representativos da série 1983 - 2012. Na segunda fase, foram identificados as massas e os sistemas atmosféricos atuantes na região estudada e a participação de cada um para os anos considerados padrão. Por meio desta pesquisa foi identificado que o sistema atmosférico mais importante para a pré-estação chuvosa é a ZCIT, esta é responsável pela maior parte dos totais pluviométricos neste período. Na estação chuvosa, o sistema de maior participação é as ondas de leste, sendo, portanto, o principal responsável pelos totais pluviométricos deste período. Por último, na estação seca, a participação da MTA é predominante, provocando tempo bom e pouca chuva durante este período.

Palavras chave: Dinâmica atmosférica, Análise Rítmica, pluviosidade.

## **ABSTRACT**

This research aims to identify the normal and extreme tendencies of the participation of air masses and weather systems acting on Joao Pessoa through a temporal analysis 1983 -2012 meteorological data thus includes variations in the rhythm of the rain, exposing, therefore, the genesis of such variations. Such analysis, is justified by the lack of studies with this aim, we investigate the genesis of the rains in the city of João Pessoa, in addition to this factor, said the city currently has advanced in the pace of its urbanization which implies greater environmental vulnerability population, requiring a more detailed understanding of atmospheric dynamics and especially of her influence on the most significant climatic elements, like rain. To carry out this research was adopted as a methodological procedure Rhythmic Analysis of climate proposed by Monteiro (1971). In the first stage of work, we analyzed the variability of rainfall through the time series data. The time series has received the following statistical methods: calculation of average, minimum and maximum values, standard deviation and percentage change. We also analyzed the annual, seasonal and monthly rainfall distribution for selection of standard years (dry, normal and wet) representative of the series from 1983 to 2012. In the second phase, the masses and active weather systems in the study area and the participation of each for the years considered standard were identified. Through this survey it was identified that the most important for the pre-rainy season weather system is the ITCZ, this is responsible for most of the total rainfall in this period. In the rainy season, the system increased participation is the easterly waves, thus being responsible for the total rainfall in this period. Finally, in the dry season, the participation of MTA is prevalent, causing good weather and little rain during this period.

**Keywords :** Atmospheric Dynamics, Rhythmic Analysis, rainfall.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Posição da ZCIT no Globo.....	43
<b>FIGURA 2</b> - Frente Fria Atuando na América do Sul.....	44
<b>FIGURA 3</b> - ZCAS Atuando Sobre a Porção Sul do NEB.....	46
<b>FIGURA 4</b> - VCAS Atuando Sobre o Nordeste Brasileiro.....	47
<b>FIGURA 5</b> - CCM's atuando Sobre o Norte do Nordeste Brasileiro.....	48
<b>FIGURA 6</b> - Linha de Instabilidade e Onda de Leste.....	50
<b>FIGURA 7</b> - Precipitação ocasionada pela atuação da ZCIT - 23/04/2006.....	70
<b>FIGURA 8</b> - Precipitação Ocasionada Pela Atuação das Ondas de Leste - 16/11/2006.....	71
<b>FIGURA 9</b> - Evento de precipitação extrema causada pela atuação de um CCM - 13/06/2007.....	73
<b>FIGURA 10</b> - Precipitação causada pela atuação de uma OL - 16/08/2007.....	74
<b>FIGURA 11</b> - Alta precipitação causada pela atuação de um VCAS associado com a ZCIT - 20/01/2011.....	76
<b>FIGURA 12</b> - Evento de precipitação extrema causada pela atuação da ZCIT - 20/02/2011.....	77

## **LISTA DE MAPAS**

<b>MAPA 1</b> - Localização da Cidade de João Pessoa, Paraíba.....	17
<b>MAPA 2</b> - Macrotipos climáticos do Brasil e seus principais subtipos.....	37

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1</b> - Participação dos Sistemas Atmosféricos no Ano Seco (2006).....	69
<b>TABELA 2</b> - Participação dos Sistemas Atmosféricos no Ano Habitual (2007).....	72
<b>TABELA 3</b> - Participação dos Sistemas Atmosféricos no Ano chuvoso (2011).....	75

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>GRÁFICO 1</b> - Totais pluviométricos anuais de João Pessoa (1983 - 2012).....	57
<b>GRÁFICO 2</b> - Desvio anual da precipitação de João Pessoa (1983 - 2012).....	57
<b>GRÁFICO 3</b> - Altura Pluviométrica Mensal dos Anos-Padrão.....	65
<b>GRÁFICO 4</b> - Altura Pluviométrica Diária do Ano-Padrão Seco (2006).....	66
<b>GRÁFICO 5</b> - Altura pluviométrica diária do Ano-Padrão Habitual (2007).....	66
<b>GRÁFICO 6</b> - Altura pluviométrica diária do Ano-Padrão chuvoso (2011).....	67

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1-</b> Normais climatológicas de João Pessoa (1961-1990).....	25
<b>QUADRO 2-</b> Síntese da variação pluviométrica em João Pessoa (1983 - 2012).....	59
<b>QUADRO 3-</b> Síntese da variação temporal da pluviosidade de João Pessoa (1983 - 2012).....	61
<b>QUADRO 4-</b> Variações pluviométricas sazonais dos Anos-Padrão.....	64
<b>QUADRO 5-</b> Dias com Chuva x Dias sem chuva.....	67
<b>QUADRO 6-</b> Frequência Mensal da Atuação dos Sistemas Atmosféricos no Ano-Padrão Seco (2006).....	78
<b>QUADRO 7-</b> Frequência Mensal da Atuação dos Sistemas Atmosféricos no Ano-Padrão Habitual (2007).....	79
<b>QUADRO 8 -</b> Frequência Mensal da Atuação dos Sistemas Atmosféricos no Ano-Padrão chuvoso (2011).....	81
<b>QUADRO 9 -</b> Frequência Anual da Atuação dos Sistemas Atmosféricos nos Anos-Padrão.....	81
<b>QUADRO 10-</b> Síntese Mensal da Frequência da Atuação dos Sistemas Atmosféricos em João Pessoa para os Anos-Padrão.....	82

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AL – Alagoas

BA – Bahia

CCM's – Complexos Convectivos de Mesoescala

CCS – Complexos Convectivos de Escala Subsinótica

CE – Ceará

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação

ENOS - El Niño Oscilação Sul

FF - Frente Fria

FPA – Frentes Polares do Atlântico Sul

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GTM - Greenwich Mean Time

HN – Hemisfério Norte

HS - Hemisfério Sul

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LI – Linhas de Instabilidades

LNE – Leste do Nordeste

MA – Maranhão

MEA – Massa de Ar Equatorial do Atlântico

MEC – Massa de Ar Equatorial Continental

MPA – Massa Polar Atlântica

MTA – Massa Tropical Atlântica

NE – Nordeste

NEB – Nordeste brasileiro

NNE – Norte do Nordeste

NO – Nordeste

OL – Ondas de Este

OMM - Organização Meteorológica Mundial

PB – Paraíba

PI - Piauí

RFF – Repercussões de Frentes Frias

RN – Rio Grande do Norte

SE – Sudeste

SNE – Sul do Sudeste

SSA - Sistema Superfície Atmosfera

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

VCAS – Vórtice Ciclônico de Ar Superior

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

**RESUMO**

**ABSTRACT**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE MAPASE TABELAS**

**LISTA DE GRÁFICOS E GUADROS**

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>1. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>22</b>
1.1 Síntese Climática da Cidade de João Pessoa.....	23
<b>2. BASES TEORICO-METODOLÓGICAS.....</b>	<b>29</b>
2.1 A Climatologia Brasileira e o Paradigma do Ritmo Climático.....	29
2.2 Dinâmica Atmosférica.....	35
2.2.1 Principais sistemas atmosféricos atuantes no NEB.....	38
2.3 Procedimentos Metodológicos.....	52
<b>3. ANÁLISE RÍTMICA APLICADA AOS ANOS-PADRÃO.....</b>	<b>56</b>
3.1 Variabilidade da Precipitação Pluviométrica anual e interanual da série temporal (1983-2012).....	56
3.2 Seleção e análise dos Anos-Padrão.....	62
3.2.1 Variação Pluviométrica dos Anos-Padrão.....	63
3.3 Análise Rítmica Aplicada aos Anos-Padrão.....	67
3.3.1 Ano Padrão Seco (2006).....	68
3.3.1.1 Análise de Episódios.....	69
3.3.2. Ano-Padrão Habitual (2007).....	71
3.3.2.1 Análise de episódios.....	73
3.3.3 Ano-Padrão Chuvoso (2011).....	74
3.3.3.1 Análise de Episódios.....	76
3.4 Destaques na Variação da Atuação dos Sistemas Atmosféricos ao Longo dos Anos-Padrão.....	78
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>90</b>



## INTRODUÇÃO

O clima de qualquer região do globo é determinado pela circulação geral da atmosfera, essa circulação é responsável por redistribuir calor e umidade por todo o planeta, tal distribuição é fortemente influenciada por diversos fatores de escala regional e local, fato que proporciona características climáticas únicas e que, por sua vez, exercem fortes influências nas atividades humanas.

O Nordeste brasileiro (NEB) é um exemplo destas questões supracitadas, esta região está inserida na zona tropical do planeta, entre as latitudes 1° e 18° sul e 35° e 48° de longitude aproximadamente. Como em toda área tropical, a pluviosidade é a variável meteorológica mais importante, sendo indispensável para diversos setores da atividade humana, assim sendo, faz-se necessário destacar que no NEB, a pluviosidade apresenta extrema variabilidade espacial e temporal, principalmente, quando comparadas com outras áreas tropicais do globo. Tal variação, ainda é visível, na duração e intensidade das precipitações. Devido a tais circunstâncias, longos períodos de estiagens são desencadeados, bem como anos de altos índices pluviométricos.

Grande parte do clima da região nordeste é caracterizado como semiárido, no entanto, como exemplo de sua complexidade climática, toda a costa leste desta região apresenta altos índices pluviométricos, é neste setor que se encontra a cidade de João Pessoa (Mapa 1), universo de análise deste estudo. João Pessoa está localizada na faixa litorânea do Estado da Paraíba, faixa que também é conhecida como Zona da Mata, devido ao predomínio da vegetação de Mata Atlântica, hoje totalmente descaracterizada.

A cidade de João Pessoa apresenta algumas problemáticas que precisam ser consideradas antes de nos aprofundarmos na temática da pesquisa, portanto, uma destas questões encontra-se no fato de que, nas duas últimas décadas, essa cidade tem passado por um acentuado processo de urbanização e verticalização, em resultado deste processo, o meio natural físico acaba sendo descaracterizado. Uma das consequências desta descaracterização é que a população passa a ficar mais vulnerável aos eventos climáticos, visto que, dentre muitos outros fatores, o solo está cada vez mais impermeabilizado e o espaço construído maior, tal situação contribui para o aumento de alagamentos, que conseqüentemente, aumentam os riscos, principalmente às populações que residem em áreas que apresentam maior vulnerabilidade socioambiental.

**Mapa 1 - Localização da Cidade de João Pessoa - Paraíba**



Autor: Francisco Vilar de Araújo Segundo Neto, 2014.

Com a aceleração do ritmo de urbanização, é necessário um planejamento adequado dos órgãos governamentais responsáveis pela infraestrutura, principalmente diante do fato de que atualmente, já são constatados certos problemas acarretados devido a eventos pluviométricos de maior intensidade como afirma Pereira *et al* (2012);

"Os eventos pluviais intensos têm acarretado em quedas de árvores, deslizamentos de barreiras, inundações em áreas residenciais, comerciais e em vias de grande fluxo, causando congestionamentos que duram horas, além do agravamento dos problemas sociais e sanitários daquelas populações residentes em áreas de maior vulnerabilidade socioambiental" (PEREIRA *et al*, 2012. p 922).

Um planejamento urbano adequado seria aquele que leva em conta o sistema climático da cidade, pois, segundo Monteiro (2009), ao ignorar o sistema climático, o desenho urbano acrescenta vulnerabilidade a uma equação (evento x vulnerabilidade). Muitos pesquisadores fazem considerações que acrescem valor a tal afirmativa, a exemplo de Souza (1998), que explica que o clima influencia e condiciona a organização do espaço, além de ser decisivo no planejamento econômico para as atividades humanas e por isso é importante estudar a sua

estrutura. Para Sant'Anna Neto (1998, p.122), o "clima assume importante papel como insumo, tanto na produção agrícola quanto na construção do ambiente urbano. Silva (2007, p.22), tratando da questão econômica, cita que "a variabilidade climática é de grande importância para os diversos setores".

Antes de aplicar as questões acima à cidade de João Pessoa, podemos apontar ainda, um último estudo que enriquecerá estas colocações, tal estudo foi realizado por Barros (2003), essa autora, realizou uma pesquisa acerca das chuvas no Distrito Federal e aponta os efeitos negativos para a sociedade devido à escolha do lugar para a construção da cidade de Brasília, esta escolha ocorreu sem a realização de um estudo adequado da dinâmica climática local, onde a autora chama a atenção para os índices de umidade do ar durante o inverno, estes chegam a atingir valores diários abaixo de 20%, provocando o cancelamento de atividades físicas, mudanças no calendário escolar, redução na carga horária de trabalho em diversos setores da economia, entre muitos outros problemas.

A partir destas explicações citadas, podemos entender com mais propriedade a necessidade de se considerar a dinâmica climática no planejamento de uma determinada área. Portanto, diante da nova configuração do ritmo de urbanização da cidade de João Pessoa, aliada aos problemas de ordem climática, que, já começaram a se tornar mais comuns, e as questões apontadas pelos autores supracitados, leva-nos a pôr em questionamento os estudos do clima para esta cidade, o que tornou evidente uma questão fundamental, a de que a cidade de João Pessoa apresenta certa carência de estudos com base no paradigma da climatologia dinâmica, ou seja, estudos que detalham os sistemas atmosféricos atuantes e suas repercussões.

Os principais estudos e classificações climatológicas realizados em João Pessoa são baseados em métodos da Climatologia Tradicional, um exemplo deste é a classificação de Koepen (1900) utilizada no Atlas Geográfica do Estado da Paraíba(1985). Tais abordagens também é conhecida como Climatologia Separativa, esta propõe estudar os elementos climáticos (temperatura, umidade, precipitações, insolação, ventos, pressão atmosférica, nebulosidade entre outros) de forma isolada, realizando em muitos casos, uma excessiva utilização de médias. Um dos problemas da utilização deste método é que ao isolar os elementos climáticos e tratá-los a partir de médias, o pesquisador pode dissolver a realidade, impossibilitando a visualização dos estados atmosféricos extremos, não evidenciando, deste modo, a dinâmica climática da área de estudo. Uma classificação mais adequada, realizada para a região onde a cidade de João Pessoa está inserida é a de Mendonça e Danni-Oliveira

(2007), esta é baseada principalmente na distribuição da temperatura e da pluviosidade, associadas às características geográficas e à dinâmica das massas de ar.

Portanto, esta pesquisa, justifica-se por: 1) Diante da carência ou até inexistência de estudos que investigam mais detalhadamente a influência dos sistemas atmosféricos sobre as chuvas na cidade de João Pessoa e 2) Diante do ritmo de crescimento desta cidade, que implica uma maior vulnerabilidade da população, exigindo um conhecimento apurado da dinâmica atmosférica e principalmente da influência desta sobre os elementos climáticos mais expressivos, como a chuva, para que os planejadores, ao estruturar o sítio urbano, possam ter o pleno conhecimento destas questões.

Apenas estudos que integram todos os elementos atmosféricos são capazes de interpretar a realidade climática, tais estudos podem ser realizados pelos métodos de Climatologia Dinâmica, no caso do Brasil, muitos estudos deste caráter utilizam um conjunto de procedimentos metodológicos propostos por Monteiro (1971), esta técnica foi denominada de “Análise Rítmica” e consiste num método investigativo do ritmo climático, pois, permite compreender a sucessão habitual dos estados atmosféricos, analisando seus elementos de forma conjunta e não de forma separada, como os métodos tradicionais propõem, o que significa que não deixa de lado os eventos climáticos excepcionais, como eventos de seca ou de chuvas intensas, que as médias mascaram completamente, somente desta forma, é possível compreender a gênese dos fenômenos.

Mediante tais considerações, esta pesquisa propõe efetuar um detalhamento da atuação dos sistemas atmosféricos responsáveis pela ocorrência ou a ausência das chuvas na cidade de João Pessoa, revelando assim, a sua gênese. Tal estudo seguirá os métodos da Climatologia Dinâmica, para isto, serão analisados dados pluviométricos referentes a uma série temporal de trinta anos (1983 a 2012), os dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que é responsável pela administração da Estação Meteorológica de João Pessoa (07°06' LAT S e 34°52' LONG W e altitude 7, 43m). Após esta análise, serão eleitos os anos-padrão, para uma investigação detalhada dos atributos climáticos a nível diário, buscando entender, principalmente, a gênese das chuvas.

Pesquisas desta natureza podem revelar os mecanismos de circulação regional, dessa forma, ainda, se contribuirá para o entendimento dos mecanismos atmosféricos que atuam sobre esta porção do Nordeste. Destaca-se que as análises climatológicas de dinâmica atmosférica realizadas por geógrafos, nos últimos anos, tornaram-se mais escassas, talvez, devido a uma maior atenção destes profissionais a outros ramos desta ciência, porém,

entender os diversos complexos climáticos do Nordeste e do Brasil é em especial, de responsabilidade destes, conforme é apontado por Zavatini (1998) que questiona:

"Já se conhece a dinâmica atmosférica atuante em todo o território nacional? Já se conseguiu classificar os diversos e complexos climas do Brasil, do ponto de vista genético? As irregularidades climáticas do nordeste foram devidamente esclarecidas? A análise rítmica em climatologia apresenta-se aos geógrafos brasileiros do presente e do futuro imediato, como uma obrigação" (ZAVATINI, 1998, p.11,13).

O Nordeste ainda apresenta carência de estudos de base genética, pois, somente estes são capazes de revelar a atuação das massas de ar, seus reflexos e variações sobre o clima de uma determinada região, esse tipo de estudo, até pode ser realizado por outros profissionais, como os meteorologistas, porém, estes possuem outras abordagens e estão mais preocupados com o tempo atmosférico e as condições físicas da atmosfera. A abordagem geográfica sobre a dinâmica atmosférica e suas repercussões sobre o espaço é de inteira responsabilidade dos geógrafos. Esses profissionais são capazes de fornecer o conhecimento necessário (com suas escalas, métodos e definições) para uma verdadeira inter-relação entre os fenômenos atmosféricos e as suas repercussões sobre os campos agrícolas, as cidades, entre outras atividades humanas, bem como a organização natural do espaço, como o relevo, a vegetação e entre outros.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Identificar a frequência de atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre João Pessoa por meio da série temporal 1983 a 2012 de dados meteorológicos, compreendendo, portanto, seus reflexos na variação e no ritmo dos elementos climáticos, principalmente das chuvas, expondo, portanto, a gênese de tais variações.

### **Objetivos Específicos**

A. Analisar a variação das chuvas numa escala anual e estacional (pré-estação chuvosa, estação chuvosa e período seco);

B. Eger Anos-Padrão (seco, habitual, chuvoso) para a realização de uma análise detalhada da atuação das massas e sistemas atmosféricos;

C. Eger episódios pluviais mais representativos dos Anos-Padrão para uma análise das variáveis meteorológicas.

## 1. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para qualquer análise geográfica, entender a organização e localização do espaço ao qual se pretende estudar é de grande relevância, por isso, este capítulo tratará de forma sucinta, dos aspectos naturais e sociais do território de João Pessoa (Mapa 1). Essa cidade encontra-se na porção continental mais oriental das Américas, é capital da Paraíba e a terceira cidade mais antiga do Brasil, foi fundada em 1585, possui, portanto, uma história de 428 anos. João Pessoa nasceu às margens do Rio Sanhauá que está a oeste, com o tempo, cresceu principalmente para leste, em direção ao mar. Esta cidade possui um litoral com cerca de 25 km de praias que são banhadas pelo Oceano Atlântico, este exerce grande influência sobre o clima desta cidade por meio de suas águas, em geral quentes, devido a corrente oceânica conhecida como corrente do Brasil.

A cidade de João Pessoa possui uma área de 211,475 km<sup>2</sup>, está inserida na mesorregião da Mata Paraibana, esta nomenclatura deve-se ao fato de que originalmente, o bioma que a recobria era a Mata Atlântica, atualmente, sua existência de forma preservada, se limita a pequenas porções desta mata, que estão dentro de reservas ambientais espalhadas por toda essa região. João Pessoa também preserva alguns resquícios de Mata Atlântica, um destes é a reserva Mata do Buraquinho, que possui cerca de 500 hectares de floresta e abriga o Jardim Botânico Benjamim Maranhão, uma das maiores reservas urbanas de Mata Atlântica do país.

Devido à relação de áreas verdes e o número de habitantes, esta cidade é uma das mais arborizadas do país, porém, muito de suas características naturais está se perdendo devido ao atual processo de urbanização. A cidade de João Pessoa teve um lento crescimento urbano, conforme apontado por Silva (1996), assim, algumas características naturais mantiveram-se por um tempo, porém, segundo Silva (2009), o quadro natural da área estudada vem passando por transformações ocasionadas pela sociedade, que intensificou o processo de uso e ocupação do litoral a partir da década de 1970, esta autora ainda coloca que "a paisagem litorânea expressa as desigualdades na ocupação dos espaços na cidade, em virtude da valorização imobiliária das áreas de excelência paisagística" (SILVA, 2009, p.1). Em resultado deste ritmo da urbanização, conforme considerado na introdução e exposto aqui, o solo está cada vez mais impermeabilizado e a malha urbana maior, essa situação contribui para o aumento de alagamentos e conseqüentemente aumentam os riscos, principalmente para as populações que residem em áreas que apresentam maior vulnerabilidade socioambiental.

Tratando-se da população, o número de habitantes residente na capital paraibana é de 723.515 mil pessoas segundo o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e a população estimada em 2013 é de 769.607 mil habitantes. João Pessoa exerce forte influência sobre vários municípios vizinhos, estes fornecem um grande contingente populacional que migram todos os dias para trabalhar e estudar na referida cidade, exercendo assim, uma migração pendular.

Com respeito à geomorfologia, o sítio urbano desta cidade situa-se sobre os baixos tabuleiros costeiros e a baixada litorânea, ou seja, planície costeira, onde predominam os sedimentos do Quaternário, o qual se formou segundo Carvalho (1982), por meio de processos marinhos, flúvio-marinhos e eólicos. As feições morfológicas permitem que tal cidade apresente um relevo com poucas elevações. Quanto ao clima, em razão da localização desta cidade no continente sul-americano e em especial, no Nordeste brasileiro, este apresenta características específicas, diante de tal fator e devido à temática de estudo, decidiu-se separar um sub-tópico que detalhará brevemente as principais características climáticas desta cidade.

### **1.1 Síntese Climática da Cidade de João Pessoa**

A circulação atmosférica atuante sobre as cidades é resultado do dinamismo atmosférico superior, o qual se configura a circulação global. Os processos físicos dinâmicos dessa atmosfera superior estabelecem, influenciam e controlam os centros de ação, os quais determinam o comportamento da atmosfera em nível de grandeza inferior.

Devido à sua localização geográfica (no paralelo 7° S e 34° W de longitude), os sistemas atmosféricos que agem em João Pessoa, promovem habitualmente estabilidade atmosférica no final do inverno, no período da primavera e início do verão, causando instabilidade no período sazonal da última metade do verão, outono e início do inverno. Os sistemas atmosféricos atuantes na cidade de João Pessoa são oriundos do Oceano Atlântico e dão origem a um tipo climático particular nessa porção do Brasil, classificado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007) como sendo o Clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental, que se caracteriza como clima úmido e quente, o qual se diferencia dos climas mais secos do interior da região.

Cabe destacar que o município de João Pessoa é marcado por dois regimes climáticos, condicionados pelos sistemas atmosféricos citados acima. Esses sistemas são de escala zonal e de níveis regionais, influenciam toda a dinâmica atmosférica na região, caracterizando a variabilidade das chuvas e o gradiente higratérmico da cidade.



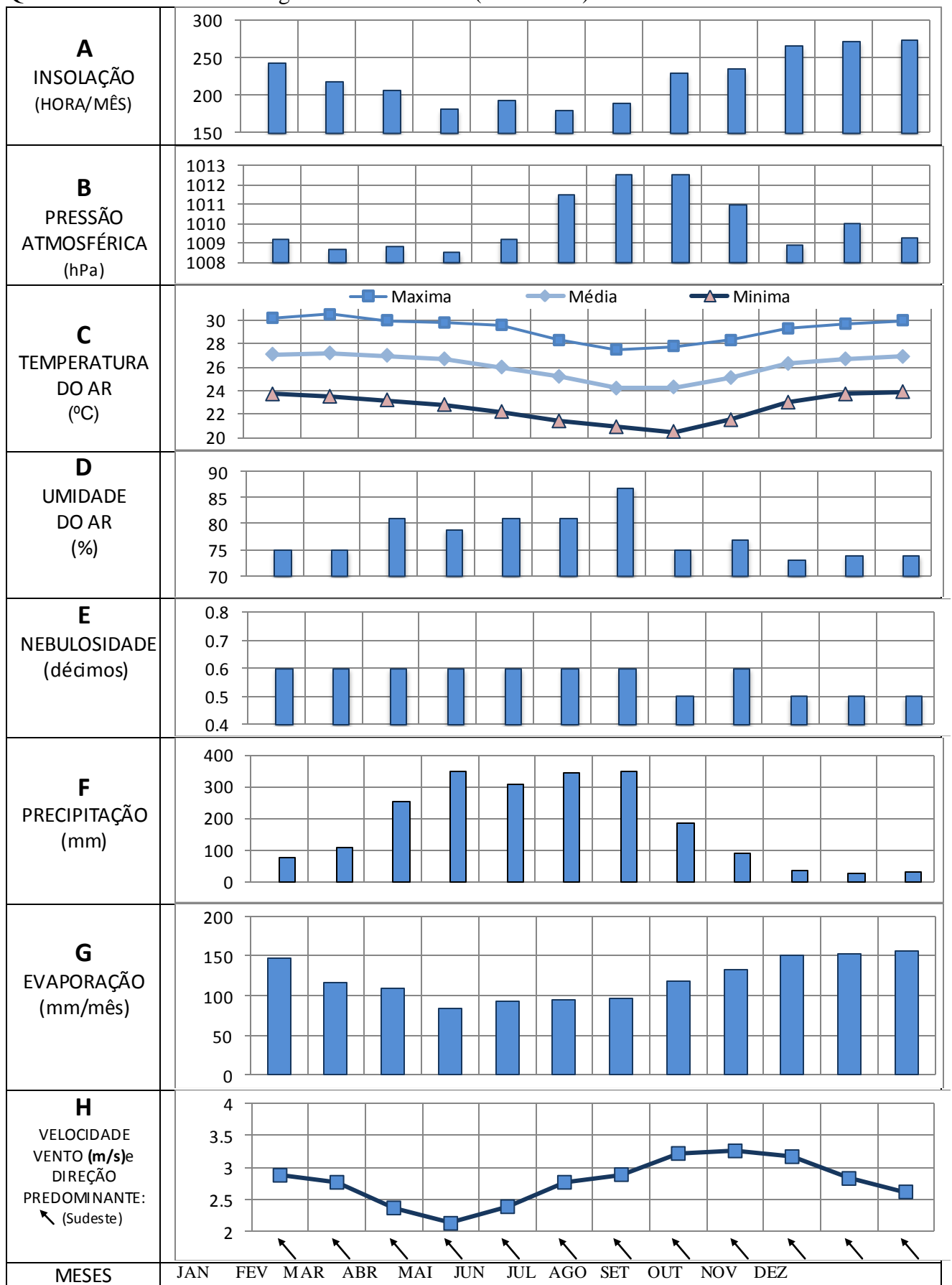
O primeiro regime é o período chuvoso, correspondendo à parte do verão, o outono e início do inverno, totalizando um conjunto de sete meses com os maiores totais pluviais, sendo os meses de abril a julho os mais representativos nas normais climatológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O regime exposto é dividido por Silva (2007) em duas épocas distintas; a pré-estação chuvosa, que corresponde aos três primeiros meses chuvosos do período (Fevereiro - Abril) e a quadra chuvosa que são os quatro meses restantes (Maio - Agosto). Já o segundo regime, é período seco, que apresenta baixos índices pluviométricos, equivalente ao final do inverno, abarcando todo o período sazonal da primavera e início do verão (Setembro - Janeiro).

Para que possamos ter um melhor entendimento das características climáticas de João Pessoa, observaremos abaixo, uma análise das normais meteorológicas do período de 1961 - 1990 da estação meteorológica do INMET em João Pessoa. O quadro 1 exibe a síntese mensal de nove parâmetros meteorológicos, este quadro revela bem os dois regimes climáticos presentes no município estudado.

Os valores normais de insolação para João Pessoa podem ser observados no quadro 1 A, esta variável expressa a quantidade de brilho solar sobre um determinado local, o valor da normal anual é 2695,1 horas. Os valores extremos ocorrem em outubro, novembro e dezembro, período da primavera, chegando a atingir nestes meses, uma quantidade de insolação de 266,2, 272,7 e 274,2 horas/mês respectivamente, estes meses correspondem ao regime seco em João Pessoa. As menores taxas de insolação ocorrem nos meses de abril, maio, junho e julho, com 181,5, 193,9, 180,7 e 190,5 horas/mês respectivamente, estes meses correspondem ao período de outono e inverno, constituindo, portanto, parte do período chuvoso. Pode-se destacar ainda, que seu comportamento é proporcional ao da nebulosidade, justificando assim, as maiores quantidades de insolação durante a primavera e menores, durante o outono/inverno.

A radiação (esta variável não será analisada nesta síntese devido à ausência de registros na estação) junto com a insolação são elementos definidores do comportamento padrão das demais variáveis, tendo em vista que a entrada de energia no sistema superfície atmosfera (SSA) depende exclusivamente da duração e intensidade destes elementos, portanto, o entendimento destes auxilia na compreensão dos outros atributos climáticos de um lugar.

Quadro 1- Normais climatológicas de João Pessoa (1961-1990).



Fonte: INEMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

A pressão do ar (Quadro 1 B) a nível de estação apresenta a normal anual de 1010 hPa, os valores mais baixos desta normal histórica ocorrem nos meses de janeiro a maio, estes não ultrapassam 1009.2 hPa, destes, abril apresenta a menor média (1008.5 hPa). Durante parte deste período (janeiro a abril) a zona de convergência intertropical (ZCIT) atua sobre o nordeste provocando queda na pressão atmosférica e chuvas, ao mesmo tempo, estes meses apresentam valores gradativamente mais elevados de umidade, queda gradativa na taxa de insolação e considerável nebulosidade. Estes correspondem a pré-estação chuvosa e início da quadra chuvosa. Quanto às médias mais elevadas, estas são registradas nos meses de junho a setembro, com destaque para julho e agosto, ambos com 1012.5 hPa. Este período corresponde ao inverno, sendo, portanto, a quadra chuvosa. Esta alta no campo de pressão pode ser explicada devido à atuação mais expressiva da Massa Tropical Atlântica (MTA) que se origina no centro de alta pressão do atlântico sul, podemos destacar ainda, que é neste período de inverno que este centro de ação se intensifica.

As normais de temperatura do ar máxima, média e mínima estão representadas no Quadro 1 C, apresentam um padrão elevado para todo o ano, isto deve-se ao fato de João Pessoa está localizada em baixa latitude. As variações dos extremos máximos e mínimos de temperatura, ao longo do ano expressam bem a sazonalidade do verão e inverno. A normal anual da temperatura máxima corresponde a 29,3°C com o mês de julho apresentando a menor temperatura, com 27,5°C e em fevereiro a máxima deste parâmetro com 30,5°C. A temperatura mínima do ar apresenta os menores valores em agosto, com 20,5°C e os maiores em dezembro com 23,9°C, com a normal anual de 22,5°C. Por último, o valor histórico da temperatura média anual é de 26,1° C, apresentando em fevereiro os valores mais altos, com 27,2°C e em julho, os menores valores, com 24,2°C.

Pode-se verificar que os meses de dezembro a fevereiro apresentam altos valores térmicos, isto ocorre, visto que, se presencia o verão no hemisfério sul durante estes meses. Observa-se que os valores de temperatura passam a diminuir a partir de março, exatamente na entrada do Outono, esta queda da temperatura justifica-se também devido ao aumento da pluviosidade que se intensificará ao fim da pré-estação chuvosa e início da quadra chuvosa, esta coincide com os meses de menores índices de temperatura do ar. A temperatura só volta a subir em setembro, ou seja, a partir da chegada do regime seco, que possui baixos índices pluviométricos.

O Quadro 1 D representa o comportamento da umidade do ar, neste, podemos observar que em João Pessoa as taxas de umidade permanecem sempre elevadas (acima de 70%) o ano todo, este valor sempre alto deve-se a maritimidade, ou seja, a proximidade de

João Pessoa com o oceano atlântico, a normal anual é de 77,7%. Os valores mais altos ocorrem nos meses de março a julho, destes, julho é o mais úmido (87%). Este período corresponde ao regime chuvoso para João Pessoa, este abrange o fim do verão, outono e início do inverno. As menores taxas de umidade ocorrem nos meses de outubro, novembro e dezembro, durante o regime seco, estes baixos valores correspondem ao período de maior nível de insolação e baixa nebulosidade. Dentre os meses expostos, a menor taxa ocorre em outubro, que apresenta 73% de umidade.

A nebulosidade (Quadro 1 E) se apresenta proporcional ao comportamento da umidade e precipitação, sendo inversamente proporcional aos índices de insolação, visto que, os meses de maior insolação, são os meses de menor nebulosidade. As maiores taxas de nebulosidade ocorreram de janeiro a julho, este período corresponde à estação chuvosa (com exceção de janeiro), enquanto que as menores taxas ocorrem na primavera, que corresponde ao período seco em João Pessoa. A normal histórica é de 0,6 décimos, as maiores taxas ocorrem de forma semelhante nos meses de janeiro a julho, sempre próximo a 0,6 décimos. Quanto às taxas mais baixas, estas ocorreram similarmente nos meses de outubro, novembro e dezembro, sempre próximo a 0,5 décimos.

Nos gráficos de pluviosidade (Quadro 1 F) podemos observar que os meses climatologicamente mais chuvosos são: abril (349,8mm), maio (307,3mm), junho (346,1mm) e julho (346,2mm); os meses mais secos são: outubro (35,4mm), novembro (24,9mm) e dezembro (28,5mm). A normal histórica da precipitação no município de João Pessoa para os anos de 1961 a 1990 é de 2145,4mm. A chuva acumulada no primeiro semestre do ano é equivalente 1439,6mm e representa 67%  $[(1439,6/2145,4) \times 100\%]$  do total pluviométrico anual, já os meses mais chuvosos (março a agosto) correspondem a 83,0%  $[(1785,1/2145,4) \times 100\%]$  da chuva anual e 80%  $[(1785,1/1439,6) \times 100\%]$  da chuva acumulada no primeiro semestre. A chuva registrada no segundo semestre é de apenas 705,7mm e representa 32%  $[(705,7/2145,4) \times 100\%]$  do acumulado anual.

O comportamento da variável evaporação está expresso no Quadro 1 G, é notável que durante os meses de janeiro a abril, os índices deste parâmetro tendem a cair gradativamente, permanecendo baixos durante abril a julho. A diminuição gradativa da evaporação durante os primeiros meses do ano ocorre devido à pré-estação chuvosa, que é acompanhada de um gradativo aumento da nebulosidade, precipitação e umidade, bem como a queda nos índices de radiação, por conseguinte, a evaporação apresentará os menores valores justamente nos meses de abril a julho, pois, estes correspondem aos meses de maiores índices pluviométricos e de nebulosidade, bem como a grande parte do inverno, que apresenta os menores índices de

radiação e insolação (principais responsáveis pela evaporação). Nas normais, o mês que apresenta o menor valor de evaporação é abril com 83,7 mm e o mês de maior índice é dezembro, com 156,3 mm evaporados durante o mês.

A velocidade do vento e sua direção podem ser observados no Quadro 1 H. A velocidade apresenta os menores valores durante os meses de fevereiro a junho, correspondendo ao fim do verão, outono e início do inverno, esse período condiz com os maiores registros de umidade do ar, nebulosidade e precipitação, enquanto que os meses com maiores velocidades do vento são: agosto, setembro e outubro, estes correspondem ao fim do inverno e parte da primavera, sendo portanto, o início do período seco para esta cidade, que apresenta os maiores valores de evaporação e insolação. A normal mensal é de 2,77 m/s.

Quanto à direção do vento, ela apresenta o sentido sudeste dominante durante todo o ano, conforme podemos visualizar no Quadro 1 H. Este fato pode ser explicado devido a localização geográfica de João Pessoa, pois, por estar localizada na faixa litorânea leste do nordeste, ela recebe influência direta dos ventos alísios de direção sudeste, estes se originam no anticiclone semifixo do atlântico sul, também, um outro fator é que por João Pessoa encontrar-se na planície litorânea, a direção dos ventos não sofre interferências das variações do relevo.

## **2. BASES TEORICO-METODOLÓGICAS**

### **2.1 A Climatologia Brasileira e o Paradigma do Ritmo Climático**

Os estudos do clima no Brasil remontam ao Século XIX. Mesmo com dificuldades de se estabelecer um marco histórico preciso, Sant'anna Neto (2003, p.7) afirma que "parece apropriado supor que com a criação do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, em 1827, iniciaram-se os procedimentos científicos que algumas décadas mais tarde propiciariam o nascimento da climatologia no Brasil".

Vale salientar, que as primeiras observações meteorológicas só aparecem nos arquivos deste observatório apenas em 1844, além disto, vários estudos que abordavam a relação do clima com a saúde, que foram publicados na revista médica do Rio de Janeiro, são anteriores aos registros do observatório. Este autor supracitado, ainda aponta outras fontes de dados meteorológicos de destaque, uma destas é a Marinha Brasileira, que desde 1862 acumulava dados dos navios hidrográficos, que por necessidade, já faziam observações meteorológicas regulares, o acúmulo e contínua aquisição de tais dados levaram a criação da Repartição Central Meteorológica da Marinha. Em São Paulo, as contribuições para o surgimento da climatologia brasileira ocorreram no campo das geociências, com a criação da seção de meteorologia da Comissão Geográfica e Geológica, esta realizou a instalação de uma rede de estações meteorológicas por todo o estado. As fontes de dados culminaram na realização das primeiras e mais relevantes obras deste período acerca do clima do Brasil.

Sant'anna Neto (2003) comenta que mesmo considerando uma série de artigos publicados naquele segmento de tempo (entre o fim do século XIX e início do século XX), por diversos autores sobre aspectos de nosso clima, podemos considerar como obras "pioneiras" aquelas realizadas pelos autores: Henrique Morize, que em 1889, publicou a obra intitulada "Esboço da Climatologia do Brasil", este estudo é considerado o primeiro sobre o clima de nosso país, em sequência, está o engenheiro alemão Frederico Draenert, este publicou em 1896, a obra "O clima do Brasil", que contem uma excelente análise de conjunto sobre nossas características climáticas, e, já no século XX, Carlos Delgado de Carvalho, que foi um dos mais brilhantes geógrafos de seu tempo e é o responsável pela mais densa e completa análise do clima do Brasil do início do século XX publicou em 1917 a obra intitulada "Météorologie du Brésil" (meteorologia do Brasil), sua principal contribuição ao conhecimento do clima do Brasil e possivelmente a primeira deste país com enfoque geográfico.

Os três autores citados acima, buscaram sintetizar e classificar os climas do Brasil, para tal, estes se fundamentaram no conjunto de teorias e técnicas mundialmente difundidas por Julius Hann e Wladimir Koppen, estes são considerados cientistas de grande relevância na sistematização e construção das bases teóricas e metodológicas que levaram aos estudos modernos do clima. Foram estes autores, que fundamentaram as bases da climatologia tradicional, e é exatamente sobre as diferenças entre esta, e outra forma de abordagem, conhecida como climatologia dinâmica, que discutiremos logo em breve, antes, porém, torna-se necessário destacar a evolução da climatologia durante o século XX, considerando assim, as mudanças de abordagens, para isto, destacaremos um trecho do texto de Sant'anna Neto (2003) que resume bem o que pretendemos considerar:

"Nas primeiras décadas deste século várias tentativas de se identificar os sistemas produtores dos tipos de tempo foram realizados pelos estudos de Sampaio Ferraz (1934), Belfort de Matos (1906) e Américo Silvado (1902). Entretanto, foram as contribuições de Alberto Serra (1938) e Leandro Rabistona, (Serra e Rabistona, 1942), a partir dos anos trinta, que trouxeram valiosas informações sobre a circulação atmosférica do continente sul-americano [...] Nesta mesma época cria-se o Conselho Nacional de Geografia (IBGE) e nas décadas de 40 e 50 do século passado, inicia-se uma das fases mais produtivas da climatologia brasileira, com os trabalhos de Ary França (1946), e os de Fábio Soares Guimarães (1945), Gilberto Osório de Andrade (1952) e Salomão Serebrenick (1942) que produziram as primeiras obras de síntese sobre o clima do Brasil, no âmbito da ciência geográfica, cujos estudos foram, mais tarde, continuados por Lysia Bernardes (1951 e 1953) [...] e o enfoque dinâmico e suas relações com a organização do espaço é tratado nas obras de Linton de Barros (1957), de Edmon Nimer (1971 e 1973) e, principalmente com Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro". (SANT'ANNA NETO, 2003, p.7), grifo nosso.

É no seio destas considerações, que poderemos a partir de agora fazer importantes ligações entre estes autores pioneiros citados e as linhas teóricas que conduzirão nossa pesquisa. Ao analisar esta breve referência podemos perceber uma gradativa mudança de métodos, se antes os estudos eram baseados nos métodos tradicionais, a partir das décadas de 1940 e 1950, podemos observar novas formas de abordagens, pois, surgiram às primeiras obras de síntese, que diferem dos métodos tradicionais, bem como as primeiras pesquisas com um enfoque dinâmico, abordando as relações dinâmicas do clima com a organização do espaço. Portanto, em linhas gerais, a climatologia geográfica brasileira está dividida em duas grandes linhas de abordagem metodológica: a climatologia separativa ou tradicional, e a climatologia dinâmica. Assim sendo, sucede a seguir a descrição de ambas, pois, a partir do entendimento destas, será possível justificar a escolha da abordagem para esta pesquisa.

A climatologia tradicional tem suas bases sustentadas sobre as concepções de Julius Hann, as definições de tempo e clima elaboradas por ele, foram por muitas décadas

dominantes no meio científico mundial e são mencionadas por Morize (1922, Apud Santa'anna Neto 2003, p.11) que cita: "Pela palavra clima queremos significar a sùmula dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em qualquer lugar da superfície terrestre", quanto ao tempo, Hann o define como: "O que chamamos tempo é somente uma fase da sucessão dos fenômenos, cujo ciclo completo, reproduzindo-se com maior ou menor regularidade em cada ano, constitui o clima de qualquer localidade".

As definições de tempo e clima são o pontapé inicial dos estudos climatológicos, portanto, podemos perceber nesta concepção, que o clima é definido como uma condição "média" da atmosfera, assim, os métodos desenvolvidos a partir desta óptica passaram a considerar os elementos do clima (Temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, precipitações, vento, insolação e nebulosidade) de forma separada uns dos outros, calculando-se médias para a elaboração de gráficos. Tais médias são chamadas de "normais" e elaboradas para períodos de trinta anos (1931 - 1960 / 1961 - 1990), conforme recomendado pela organização Meteorológica Mundial (OMM), as normais, ainda podem ser dadas a nível diário, mensal, anual e sucessivamente.

Este método, apesar de ter certa utilidade, apresenta deficiências, tendo em vista que, ao isolar os elementos climáticos e transformá-los em médias, o pesquisador acaba dissolvendo a realidade, ou seja, visto que a atmosfera é constituída por um conjunto de elementos interagindo entre si, "um único elemento, isolado dos demais, não possibilitaria sequer uma visualização do quadro real e, muito menos ainda, uma explicação dos fenômenos, já que o que deve ser levado em conta é a relação entre os diversos elementos" (BARROS, 2003, p. 20).

Outro fato importante sobre os métodos tradicionais é que as médias mascaram os valores extremos e aqueles menos ocasionais dos estados atmosféricos, levando os elementos climáticos a um estado de uniformidade, portanto, este método não é capaz de demonstrar a tão importante dinâmica climática. Comentando sobre esta questão, Monteiro (1962) considera este método inadequado para a classificação e compreensão da circulação atmosférica, pois, por não permitir a visualização daqueles valores máximos e mínimos, impossibilita a observação da "pulsção", nos possibilitando apenas algo de descritivo.

A partir da década de 1940, Max Sorre realizou uma reflexão conceitual, propondo assim, novos rumos teóricos para a geografia, conduzindo os estudos do clima a uma nova abordagem. Por ter se concentrado em discussões teóricas e não realizar estudos neste âmbito, "Sorre pode captar a essência do caráter dinâmico e genético do clima e, talvez, exatamente pelo fato de ter relido o seu papel a partir de uma perspectiva externa ao problema, conseguiu



extrair daí um novo paradigma" (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 66). Refletindo sobre tempo e clima Sorre (1943) discorre:

As definições clássicas dão importância exagerada á noção de valores médios. Propusemos substituí-lo por uma fórmula mais diretamente utilizável pelos biólogos: O clima, num determinado local, é a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual. E o tempo que faz nada mais é do que cada um desses estados considerados isoladamente. Essa definição conserva o caráter sintético da noção de clima, enfatiza seu aspecto local e, ao mesmo tempo, evidência o caráter dinâmico do clima, introduzindo as idéias de variação e de diferenças incluídas na sucessão (SORRE apud SANT'ANNA NETO, 2013, p.54), grifo nosso.

Partindo da aceitação destes pressupostos teóricos de Sorre, Pierre Pédelaborde (1957, apud Zavattini, 1998), ao estudar os tipos de tempo, na bacia Parisiense, elaborou uma proposta metodológica conhecida como "método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo", este método sugere que cada tipo de tempo deve ser estudado a partir dos seus elementos formadores, analisando estes de forma conjunta, nunca de forma separada como os métodos tradicionais sugerem. É interessante notar que, apesar de sensível à concepção de Sorre, este mostrou menos interesse pela "sucessão" dos estados do tempo atmosférico, visto que sua preocupação era com os "tipos" de tempo e sua totalidade. Desta forma, sua proposta metodológica revelou limitações, pois, este "produziu apenas uma descrição sumária e sistemática, um catálogo de tipos de tempo" (ZAVATTINI, 1998, p.10).

Enquanto isso, no Brasil, a leitura que o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro realizou sobre os conceitos de Sorre, o levou a uma concepção diferente daquela de Pédelaborde, este realizou o que Zavattini (1998) considera ser uma fiel e lúcida tradução do conceito Sorre sobre o clima. Se para Pédelaborde o paradigma de pesquisa era a "totalidade dos tipos de tempo", para Monteiro (1976, p.30) o paradigma seria o "ritmo", ou seja, "o encadeamento, sucessivo e contínuo dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados". Esta noção de ritmo traduz bem o que seria aquela sucessão habitual tratada por Sorre (1943), indo até além, pois, exprime que os estados atmosféricos, ou seja, os tipos de tempo ao se articularem, não só se sucedendo, como também, podem até mesmo voltar a se repetir, esta é realmente uma tradução fiel e lúcida.

Portanto, em consonância com Barros (2009, p.258), "se o novo paradigma climático é o ritmo, como chegar a visualizar e compreender o ritmo climático de um determinado lugar?" Para isto, Monteiro (1962, p.12) aponta para a "necessidade de se recorrer à dinâmica atmosférica, não apenas esporadicamente na interpretação dos fatos isolados, mas, com a devida ênfase, na própria definição climática regional". Podemos perceber claramente que a

análise da circulação atmosférica em escala regional é apontada por este autor como sendo apropriada para se visualizar o ritmo, tornando possível a compreensão da gênese dos processos (participação das massas de ar, influência dos fatores geográficos, entre outros), uma vez que este é um dos maiores objetivos da climatologia dinâmica, proporcionando desta forma, um caráter qualitativo ao estudo, revelando ainda a ineficiência dos valores médios que acabam por ocultar o ritmo.

A partir destas primeiras considerações, devemos destacar que Monteiro debruçou-se, durante as décadas de 1960 em diante, na busca do aperfeiçoamento e sistematização de normas que facilitassem a compreensão e visualização do ritmo, bem como a classificação climática, desta forma, este autor, produziu um respeitado arcabouço teórico-metodológico que proporcionou uma verdadeira revolução nos estudos da climatologia nacional, sendo considerado por muitos como o precursor da escola geográfica brasileira de climatologia dinâmica. Um dos resultados desta busca foi um conjunto de orientações metodológicas simples e precisas que Monteiro (1971) batizou de técnica da "Análise Rítmica", seguida por vários pesquisadores e que dá base para as pesquisas em climatologia dinâmica. A partir desta explanação, só nos resta, antes de encerrar essa seção teórico-metodológica, descrever tal proposta de análise.

O próprio Monteiro (1971, p.6) considera que a "primeira aproximação válida para o conceito de ritmo seria aquela das variações<sup>1</sup> anuais percebidas através das variações mensais dos elementos climáticos". A repetição destas variações mensais em vários e sucessivos anos é o que vai fundamentar a noção de "regime", o conhecimento deste regime é de grande importância, não só para as mais diversas atividades humanas, como também para a organização social. A partir desta primeira aproximação do conceito de ritmo, Monteiro (1971) concluiu que:

"O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológicas pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo" (MONTEIRO, 1971, p.9).

Esta conclusão nos mostra que apenas a partir das análises em escala diária é possível associar a variação dos elementos do clima com os tipos de tempo que se sucedem segundo os mecanismos da circulação regional. Tal proposta considera que dados diários de todos os

---

<sup>1</sup> A variabilidade está intimamente associada ao ritmo dos elementos climáticos.

atributos atmosféricos devem ser analisados, pois, somente dessa forma, é possível visualizar as variações anuais e mensais dos elementos, observando as repetições dessas variações, identificando assim, o regime, expondo ainda, a gênese dos fenômenos. Monteiro (1971) argumenta ainda, que:

"Só a análise rítmica detalhada ao nível de 'tempo', revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos a consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região" (MONTEIRO, 1971, p. 21).

Nesta segunda argumentação, Monteiro volta a reafirmar e destacar a importância do caráter regional na análise, esta preocupação deve-se ao fato de que os mecanismos de circulação atmosférica ao se individualizarem e atuarem sobre os continentes, passa a sofrer "influência direta dos fatores geográficos que agem introduzindo modificações quantitativas nos elementos climáticos" (MONTEIRO, 1971, p. 12), estes fatores ao influenciarem a forma como os estados do tempo se sucedem, proporcionam e asseguram a individualização regional e local do clima, assim, estas variações espaciais são as respostas as interferências dos variados fatores geográficos, desta forma, só a análise rítmica detalhada será capaz de expressar tais influências.

Na Prática da Análise Rítmica, é apropriado à escolha de períodos "padrão" (anual, estacional, mensal e episódico), que são amostras capazes de fornecer um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação com capacidade de produzir situações excepcionais como períodos de eventos pluviométricos intensos (anos, meses ou dias chuvosos) e períodos de baixos níveis pluviométricos (anos, meses, e dias secos).

Para a representação do ritmo climático, são utilizados gráficos que são "longas faixas de representação diária concomitante de todos os atributos atmosféricos mensuráveis sobre um lugar, acompanhados da informação sobre o sistema meteorológico atuante em cada dia" (MONTEIRO, 1976, p. 30). Em conjunto com estes gráficos, utiliza-se atualmente, o auxílio da nefanálise, que é a análise de imagens de satélite para uma melhor compreensão dos sistemas atmosféricos atuantes. Dos atributos atmosféricos, o elemento mais apropriado para a eleição de anos-padrão será a precipitação, pois, em nossa região, esta exprime melhor as variações rítmicas, conforme expressado por Barros e Zavattini (2009), que afirmam:

Como em nosso país as características climáticas predominantes são do tipo tropical ou subtropical, é compreensível que a chuva seja o elemento climático com melhor capacidade de traduzir as variações rítmicas presentes num dado ano, ou as que se alternam de um ano para outro, seja ele um ano civil, agrícola, ou relativo a qualquer outra convenção periódica (BARROS; ZA VATTINI, 2009, p. 259).

A partir destes gráficos, poderemos compreender os índices de participação das massas de ar e dos demais sistemas atmosféricos, observando suas influências sobre a pluviosidade. Diante destas considerações sobre a abordagem separativa da climatologia tradicional e a técnica da análise rítmica da climatologia dinâmica, podemos destacar que esta última será a mais adequada para o estudo dos sistemas atmosféricos atuantes sobre João Pessoa, tendo em vista os objetivos desta pesquisa, e, que somente a análise rítmica é capaz de revelar a gênese dos fenômenos bem como as suas variações.

Após esta explanação sobre o progresso da escola brasileira de climatologia geográfica, e as considerações acerca dos métodos de pesquisa utilizados por esta, torna-se necessário destacar ainda, um ponto de cautela nesta exposição. Ao tratar das metodologias de abordagem, devemos esclarecer que não consideramos o método da Climatologia tradicional e o método da climatologia dinâmica como abordagens excludentes, pois, ambas possuem suas utilidades, e a nosso ver, as novas técnicas surgem com o objetivo de preencher as lacunas, suprir as atuais necessidades, portanto, a abordagem dinâmica surge com o objetivo de complementar.

## **2.2 Dinâmica Atmosférica**

Conforme explica Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a atmosfera é um conjunto de gases preso ao nosso planeta pela gravidade, o motor propulsor para a movimentação desses gases, é a rotação da Terra e a entrada de radiação solar no sistema superfície atmosfera (SSA). Principalmente devido à inclinação de nosso planeta em relação ao seu eixo, a quantidade de energia solar recebida por ele não é igual em todos os pontos de sua superfície, variando de acordo com a latitude e as estações do ano.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a circulação atmosférica dá origem aos centros de ação, que exercem o controle climático do planeta, tais centros também são conhecidos como células de alta pressão (anticiclônicas) ou de baixa pressão (ciclônicas ou depressão barométrica), esses são os responsáveis pela movimentação dos ventos em extensas áreas do planeta, onde o ar escorre dos centros de alta para os de baixa pressão. Dessa maneira, considera-se que, estes centros exercem o controle climático do planeta, devido ao

fato de que, dentre outras influências, é nesses centros que se originam as massas de ar e sistemas frontais a essas associadas, elas são as principais responsáveis pela dinâmica do clima de uma região. Sobre tal influência, Nimer (1979) comenta que o fator mais importante para a explicação do clima de um local é a atuação das massas de ar sobre este.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) destacam a importância de se conhecer a influência dos centros e das massas de ar para o conhecimento do clima de um determinado local, esses destacam:

"Para o conhecimento do clima de uma determinada área, faz-se necessário a identificação dos controles climáticos a que ela está submetida, pois um clima particular (escala local e/ou microclimática, dada via circulação terciária) é definido por aspectos de primeira grandeza (escala zonal, macroclimática, dada via de circulação primária) e de segunda grandeza (escala regional, mesoclimática, via circulação secundária)" (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.83).

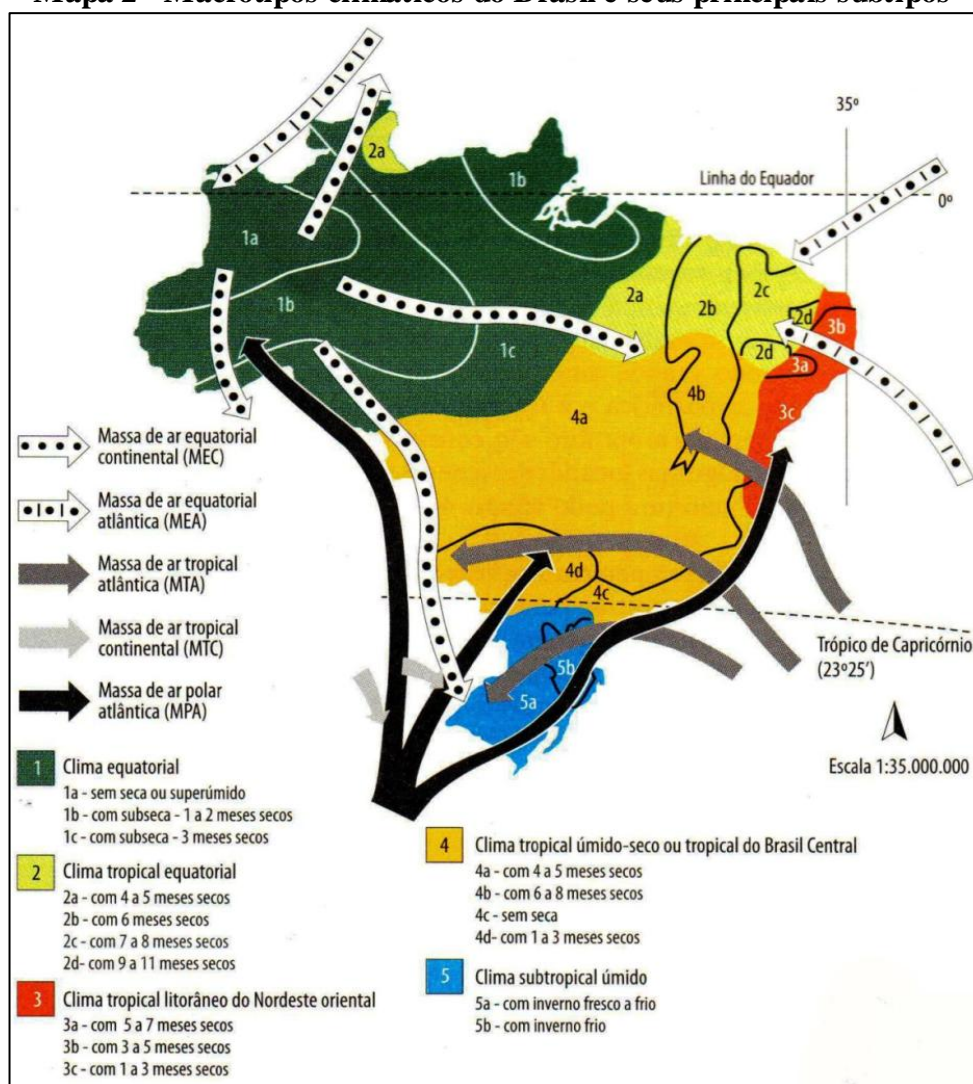
Os mais diversos tipos de clima do Brasil e do mundo são influenciados e determinados por esta hierarquia, estes autores ainda comentam que, para se realizar um estudo segundo a concepção dinâmica, que nos interessa, devem-se levar em conta, primeiramente, os mecanismos de circulação geral e os sistemas atmosféricos (as massas e as frentes). As massas de ar são definidas por Mendonça e Danni-Oliveira (2007) como sendo "uma unidade aerológica, ou seja, uma porção da atmosfera, de extensão considerável, com características térmicas e higrométricas homogêneas". Ao se deslocarem com as propriedades físicas adquiridas no local de sua origem, passam a influenciar e modificar as condições atmosféricas das regiões por onde passam, agindo diretamente sobre as temperaturas e índices pluviométricos, ao mesmo tempo em que também são influenciadas.

No Brasil, a atuação das massas de ar recebe forte influência dos fatores geográficos deste país, entre estes, podemos citar a configuração do relevo, em conjunto com suas altitudes, a maritimidade/continentalidade e a grande extensão territorial, que se estende desde latitudes equatoriais até subtropicais, devido a interação dos elementos atmosféricos com os fatores geográficos, esse país apresenta diferentes tipos climáticos. Para o melhor entendimento da movimentação das massas de ar e da tipologia climática do Brasil, bem como de seu nordeste (NEB), e, sobretudo, de João Pessoa, selecionamos a classificação de Mendonça e Danni-Oliveira (2007), visto que, para tal, estes autores se apegam a dinâmica atmosférica, se aproximando bem da realidade climática de nosso país, vejamos o mapa 2.

No referido mapa, verifica-se que, segundo essa classificação, existem cinco domínios climáticos principais no Brasil, e que cada um destes está dividido em inúmeros subtipos.

Podemos observar que os autores também deram primazia à representação da movimentação das massas de ar<sup>2</sup> sobre o território brasileiro, visto que os climas são resultantes da atuação deles. Devido à grande extensão do território de nosso país, ele recebe influência direta da atuação de massas equatoriais (continental e atlântica), tropicais (continental e atlântica) e da polar atlântica. Devemos destacar ainda, que a movimentação destas massas, é influenciada pela sazonalidade da radiação solar, que dependendo da estação, acaba por ampliar seu vigor, reduzindo o daquela e vice versa.

**Mapa 2 - Macrotipos climáticos do Brasil e seus principais subtipos**



No caso do NEB, onde nossa área de estudo está inserida, o clima predominante, segundo a classificação apresentada acima, é o Tropical Equatorial, apresentando também o clima tropical litorâneo do Nordeste oriental e o clima tropical úmido-seco ou tropical do

<sup>2</sup> Adiante faremos a descrição das características de algumas dessas massas.

Brasil central, cada qual com seus subtipos, todos estes apresentam irregularidade e variabilidade na distribuição das chuvas ao longo do ano. É importante observarmos que nesta classificação, o NEB é a única região que apresenta três tipos climáticos, sem se mencionar a maior quantidade de subtipos, isso demonstra a complexidade climática presente nesta região, portanto – após esta sucinta e geral explanação com base numa revisão da circulação atmosférica sobre o Brasil – torna-se necessário realizarmos uma breve explicação sobre as massas de ar atuantes neste país que são causadoras ou inibidoras das chuvas no NEB, descreveremos também, outros importantes mecanismos atmosféricos atuantes no Brasil, que "exercem influência sobre a climatologia do nordeste" e principalmente, sobre João Pessoa, desta forma, daremos um enfoque para o setor oriental desta região, visto que, é neste que nossa área de estudo está inserida, vejamos.

### **2.2.1 Principais sistemas atmosféricos atuantes no NEB**

Antes de tratarmos dos sistemas atmosféricos, faz-se necessário e é apropriado esclarecermos que o NEB apresenta grande irregularidade pluviométrica em escala temporal e espacial. Na escala temporal, estas irregularidades são resultado não somente das variações dos totais de chuvas anuais e interanuais, mas, também, da duração e intensidade dessas precipitações, como exemplo, podemos citar as grandes extensões do NEB que se apresentam semiáridas, estas possuem chuvas concentradas, situação que pode ser agravada, quando não raro ocorrem grandes aguaceiros em poucos dias.

Tratando das irregularidades interanuais, pode-se destacar que, constantemente grandes extensões dessa região são submetidas a efeitos de secas prolongadas, que geram enormes prejuízos a vários setores econômicos, em contrapartida, ocorrem também anos muito chuvosos, que acarretam inundações em comunidades ribeirinhas, prejuízos para as lavouras, entre outros. Quanto às variações pluviométricas que se expressam em escala espacial, podemos citar o trabalho de Souza (1998), que, ao estudar a gênese das chuvas no eixo Barra do Corda (MA) à Natal (RN), abrangendo a porção mais ao norte do NEB, percebeu que a pluviosidade decresce das periferias para o centro desta região, devido a tais circunstâncias e a grande quantidade de sistemas atmosféricos atuantes sobre essa região, esta autora explica que não é tarefa fácil escrever sobre o clima do Nordeste em virtude da sua complexidade climática.

Molion e Bernardo (2002) numa revisão sobre a dinâmica das chuvas no NEB, apontaram a existência de três regimes para partes distintas desta região, sugerindo que mais

de um mecanismo de circulação geral é o responsável por estes regimes, desta forma, os autores dividem o nordeste em três setores pluviométricos: Setor norte<sup>3</sup> (NNE), sul<sup>4</sup> (SNE) e faixa costeira, também conhecida como litoral oriental<sup>5</sup> ou leste do nordeste (LNE). Ao tratarmos desta região, utilizaremos esta divisão para apontar qual área estamos tratando.

Nimer (1979, p.341), em consonância com Souza (1998), aponta que "o período seco é o mais prolongado da periferia para o interior do Sertão", este mesmo autor explica que essa complexidade é resultante da interação dos compartimentos morfológicos, "somados à conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica, (que) tornam a climatologia desta região uma das mais complexas do mundo", e acrescenta que esta "complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em uma extraordinária variedade climática, do ponto de vista da pluviosidade" (NIMER, 1979, p. 315). O autor ainda conclui que, apesar dessa influência do relevo e da atuação de um conjunto de diferentes sistemas atmosféricos exercerem papéis importantes na climatologia do nordeste, "sua complexidade decorre fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica" (NIMER, 1979, p. 315). Devido ao fator citado, o nordeste torna-se o ponto final de vários sistemas atmosféricos atuantes sobre as regiões equatoriais e sobre o Brasil como um todo.

Este breve apanhado sobre as irregularidades pluviométricas temporais e principalmente espaciais, do NEB, encerrado por esta esclarecedora explicação de Nimer, nos faz compreender bem os principais motivos da complexidade climática nesta região. Portanto, tomando por base uma revisão bibliográfica, serão explicados os "principais sistemas atmosféricos atuantes sobre o nordeste". Ao comentarmos cada sistema atuante nesta região, "será apontada sua maior ou menor influência sobre a pluviosidade de João Pessoa", a começar pelas massas de ar, que são:

#### a) Massa de Ar Equatorial Continental - MEC

Com base em Nimer (1979); Souza (1998), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), podemos afirmar que esta é uma massa quente e úmida, instável e se origina na porção centro-ocidental da planície amazônica, sua umidade deve-se a presença da exuberante floresta

<sup>3</sup> Abrangendo parte do Ceará, parte do Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão e oeste da Paraíba e Pernambuco, com pluviosidade de 400 a 2.000 mm/ano.

<sup>4</sup> Esta porção corresponde a praticamente toda a Bahia, norte de Minas Gerais, as Partes sul do Maranhão e Piauí e extremo sudoeste de Pernambuco, a pluviosidade varia neste setor de 600 mm a mais de 3.000 mm/ano.

<sup>5</sup> Corresponde a uma faixa de até 300 km adentro do litoral oriental, também conhecida como zona da mata, esta é uma extensa área litorânea que se estende do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, com pluviosidade de 600 mm a 3.000 mm/ano.



amazônica e da farta rede de rios, além destes fatores, a atmosfera nesta área ainda é enriquecida com umidade oceânica proveniente de leste e de nordeste, a atuação máxima desta massa de ar sobre o Brasil dá-se principalmente no verão do hemisfério sul, devido à maior entrada de energia e aquecimento do continente.

A respeito da atuação da MEC sobre o NEB, devemos citar que, ao investigar os sistemas atmosféricos atuantes no norte desta região, Souza (1998), buscou, entre outros fatores, explicar a atuação desta massa sobre a referida área. A análise rítmica dos anos 1985 (chuvoso), 1993 (seco) e 1995 (habitual), evidenciou que a participação mais significativa da MEC concentra-se sobre o oeste do Nordeste, participando significativamente com os índices pluviométricos do posto analisado de Barra do Corda (MA), contribuindo ainda, com as chuvas de verão no posto de Picos-(PI), porém, observa-se que nos postos do Ceará e Rio Grande do Norte, a atuação da massa é mínima, sendo insignificante, nos postos de Cruzeta (RN) e Natal (RN), portanto, esta massa não é responsável por provocar chuvas na região leste do Nordeste, onde se localiza João Pessoa.

#### b) Massa Tropical Atlântica (MTA)

O centro de alta pressão (Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul) formado na região marítima quente do Atlântico Sul é produtor da massa Tropical Atlântica (MTA). Sobre a formação de massas de ar neste centro de ação, existe certa ambiguidade literária acerca da origem de uma segunda massa de ar neste anticiclone, denominada Massa Equatorial Atlântica (MEA). O conhecimento da existência ou não desta massa, ainda é bem limitado. Diante disto, Sousa (1998) preferiu adotar o termo Sistema Tropical Atlântico (TA) para designar a ação resultante da dinâmica atmosférica do referido centro de ação, contornando assim esta situação. Nesta pesquisa não adotaremos nenhuma outra terminologia para referir-se a MTA, assim como fez Souza (1998). A massa Tropical Atlântica é considerada por Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.110) como sendo "uma das principais massas de ar da dinâmica atmosférica da América do Sul". Sua presença é constante ao longo do ano, principalmente na porção litorânea. Do anticiclone do Atlântico Sul partem os ventos alísios de sudeste, estes atuam o ano todo sobre João Pessoa.

Segundo Nimer (1979, p. 11) o ar da MTA "é muito uniforme na superfície, com muita umidade e calor, porém, sua uniformidade não se estende a grandes alturas, porque na parte leste dessa alta subtropical, há um persistente movimento de subsidência a uns 500 a 1000 metros acima do mar". Tal situação faz com que a umidade absorvida do oceano se limite a camada superficial. Apesar disso, este autor afirma que o setor ocidental da MTA está

mais sujeita a instabilidade do que o setor oriental, isto ocorre devido à presença da corrente marítima quente na costa do Brasil e o contato dela com o relevo brasileiro, explica ainda, que o domínio de tal massa, mesmo sobre tais influências, mantém a estabilidade do tempo. A sua maior expressão ocorre durante o inverno, quando o anticiclone atinge seu máximo de pressão, se expandindo por quase todo o país.

Com base no trabalho de Souza (1998), podemos afirmar de modo geral que a MTA apresenta alta umidade relativa, mais ao avançar sobre o continente, apresenta temperaturas mais elevadas, pressão e umidade relativa baixa. Este sistema é o responsável pela estabilidade do tempo atmosférico sobre João Pessoa, especialmente durante o fim do inverno e toda a primavera, sendo também o sistema de maior permanência sobre esta cidade.

#### c) Massa Polar Atlântica - MPA

A massa polar Atlântica se origina no oceano atlântico, no extremo sul da América do Sul, nas proximidades da Patagônia, é uma massa de ar frio e úmido, apresenta-se mais expressiva durante o inverno, com maiores avanços sobre o território brasileiro, isto se deve, ao anticiclone migratório polar, que dá origem a MPA, este se posiciona durante o inverno sobre latitudes mais baixas, sendo também mais expressivo, proporcionando maiores avanços desta massa sobre o Brasil.

Em seu avanço sobre o território brasileiro, a MPA é influenciada pela força de atrito com o relevo, dividindo-se em dois grandes ramos, um deles se desloca pelo interior do Brasil, e o outro pela costa leste. No inverno, esta massa causa queda de temperatura e geadas nos estados sulinos, ao avançar sobre o interior do país, caso esteja mais expressiva, pode chegar até a Amazônia causando o fenômeno conhecido como friagem. Quanto ao ramo que se desloca pela costa leste, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p.111) apontam que este "desloca-se pela fachada litorânea e associa-se, já na altura do Brasil, à MTA, dando origem às chuvas predominantes entre finais de verão e inverno no leste do Brasil". Nimer (1979) aponta que no inverno, as massas frias, por vezes, podem alcançar latitudes mais baixas como Recife, porém, totalmente tropicalizadas. A importância dessa massa para a área de estudo deve-se às incursões das frentes em frontólise nas baixas latitudes.

Além das massas de ar, outros mecanismos atmosféricos também são apontados pela literatura como responsáveis pela circulação atmosférica na porção leste do Nordeste brasileiro, contribuindo para a formação dos tipos climáticos, dessa maneira se conhece os fenômenos de escala zonal ou escala macroclimática (Zona de Convergência Intertropical - ZCIT), fenômenos de mesoescala (Sistemas Frontais ou Frentes Frias - FF, Zona de

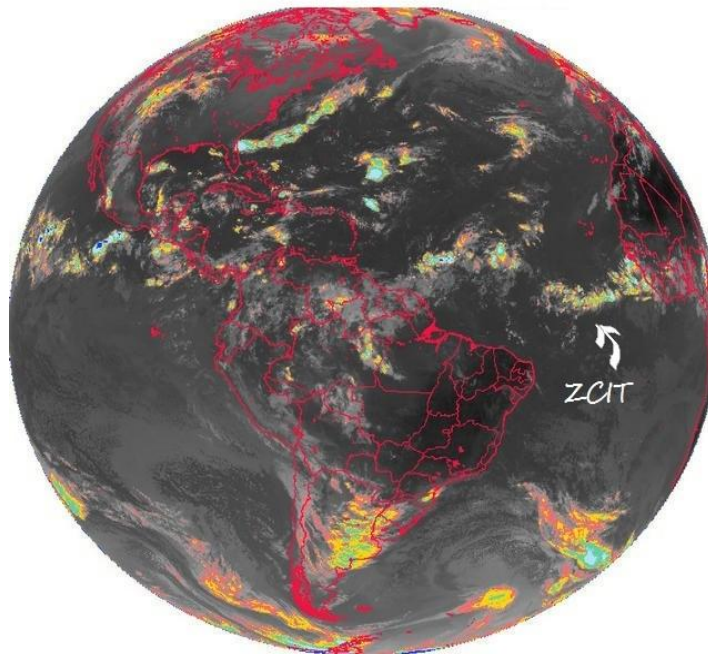
Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, Vórtice Ciclônico de Ar Superior - VCAS, Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM's ou Complexos Convectivos de Escala Subsinótica - CCS, Linhas de Instabilidade - LI e as Ondas de Leste- OL) e os de escala local a exemplo das brisas marítimas e terrestres que ocorrem em todo o litoral brasileiro, bem como convecção local. A seguir, uma breve descrição dos sistemas:

A) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): É uma extensa região de 3 a 5 graus de largura, caracterizada por uma banda de nuvens convectivas, acompanhadas de baixas pressões e precipitações. A ZCIT (figura 1) é formada pela confluência dos ventos alísios de nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do hemisfério norte (HN), e dos ventos alísios de sudeste, provenientes da alta subtropical do Hemisfério Sul. A convergência destes ventos provoca a ascensão do ar quente e úmido, conduzindo a formação de nuvens, esta expressiva massa de nuvens forma um cinturão equatorial global, tornando-se o limite da circulação atmosférica entre o Hemisfério Norte e o Hemisfério Sul.

A ZCIT se "desloca durante o ano sob a ação do movimento aparente do sol" (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.91), portanto, ela apresenta um movimento sazonal para o HN durante o inverno e primavera e para o sul durante o verão e outono austral. Apesar de apresentar variações diárias em sua posição, no atlântico, a ZCIT atinge normalmente sua posição mais ao norte (cerca de 10° a 14° N, podendo se estender à 16°N) em agosto-setembro, e mais ao sul (cerca de 4°S podendo se estender à 5°S), durante março-abril.

A atuação desta zona de convergência é apontada por muitos autores como sendo fundamental para as chuvas na porção setentrional do nordeste, tanto que, Molion e Bernardo (2002) afirmam que a "ZCIT é, por consenso, o mecanismo mais importante na produção de chuvas" no norte do nordeste, e também é de grande importância para as chuvas da porção norte da faixa litorânea oriental desta região. No caso de João Pessoa, a ZCIT é o sistema de maior significância na formação das chuvas da pré-estação chuvosa (fevereiro-abril), podendo contribuir ainda, com chuvas no início da estação chuvosa (maio). Devemos salientar ainda, que a atuação desta zona de convergência pode ocorrer associada a outros mecanismos atmosféricos que exercem influência sobre as chuvas do NEB, a exemplo da MEC para as porções mais a oeste como o Maranhão, VCAS, CCM's e LI.

**Figura 1 - Posição da ZCIT no Globo**



FONTE: CPTEC/INPE - GOES 10, Banda infravermelho realçada.  
 Projeção Global - 11:40 GMT. Data: 17/09/2007.

Destaca-se que a ocorrência de anos secos ou chuvosos no Nordeste, está relacionada com o deslocamento ou não da ZCIT para o HS, esse deslocamento está intimamente ligada à temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico Sul e Norte. A diferença da anomalia da TSM destas duas porções do atlântico, é conhecida como dipolo do atlântico:

Quando as águas no Atlântico Norte estão mais frias, a pressão tende a ficar mais intensa e os ventos alísios de nordeste intensificam-se empurrando a ZCIT para posições latitudinais mais ao sul. Este padrão chama-se dipolo favorável às chuvas para o setor norte do Nordeste do Brasil (Dipolo Negativo). Quando ocorre o contrário, ou seja, o sul está mais frio, a pressão aumenta, os ventos alísios do sudeste intensificam-se, forçando o posicionamento da ZCIT para posições latitudinais mais ao norte. Este padrão é chamado de dipolo desfavorável às chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil (Dipolo Positivo), (FUNCEME, 2006, Apud Moura 2008).

O dipolo positivo pode provocar seca no Nordeste, principalmente se ocorrer em um ano de El Niño, assim como, o dipolo negativo torna propício à ocorrência de anos normais, chuvosos ou muito chuvosos para o setor norte do Nordeste, principalmente se ocorrer em um ano de La Niña.

B) Sistemas Frontais ou Frentes Frias (FF): O encontro de duas massas de ar com características diferentes produz uma zona ou superfície de descontinuidade (figura 2), esta é conhecida como frente, que pode ser fria, quando o ar frio avança sobre o ar quente, ou

quente, quando o ar quente avança sobre o ar frio. Em ambos os casos, é comum o ar frio que é mais denso e mais pesado empurrar para cima o ar quente, que é mais leve, com essa ascensão de ar quente e úmido, ocorre à formação de nuvens, gerando instabilidade atmosférica.

**Figura 2 - Frente Fria Atuando na América do Sul**



Fonte: CPTEC/INPE - GOES 12, Banda infravermelha canal 4 - 25/07/2007.

No Brasil, uma zona de descontinuidade conhecida como Frente Polar Atlântica (FPA) é ativa o ano todo, que se forma no contato entre o ar quente das massas tropicais (principalmente a MTA) com o ar frio da massa polar atlântica, originada no centro de ação polar atlântico, deste centro partem várias FF, elas marcam principalmente, o dinamismo atmosférico do sul e sudeste do Brasil onde atuam com maior frequência. Em geral, estas frentes apresentam um formato de arco, com orientação NO-SE (figura 2), de inclinação variável, podendo estender-se desde o oeste da Amazônia até o sudeste deste país.

A incursão das frentes sobre o território brasileiro varia, apresentando certa sazonalidade, assim, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) apontam que as mais expressivas atuações das FF sobre o Brasil, quanto à intensidade e à dimensão espacial e temporal, ocorrem durante o inverno e na primavera, decaindo no outono e verão. Cavalcanti e Kousky (2009) comentam que durante o verão, é mais comum que as frentes frias se posicionem ao longo da costa do Brasil, entre São Paulo e Sul da Bahia, enquanto que no inverno, estas

frentes encontram condições mais favoráveis para avançarem em direção ao norte e nordeste do Brasil.

Souza (1998) e Molion e Bernardo (2002) explicam que, durante parte do outono e principalmente no inverno, as frentes frias são uma importante fonte de pluviosidade para o nordeste, principalmente para o setor sul e posteriormente para o leste desta região (devido à extensão deste setor, esta influência sobre o LNE decai à medida que as frentes ou suas repercussões avançam para latitudes menores), porém, para que as frentes cheguem até as latitudes mais baixas, precisam estar mais vigorosas, assim sendo, a maior influência delas sobre João Pessoa se dá sobre forma de repercussões de frente durante o inverno.

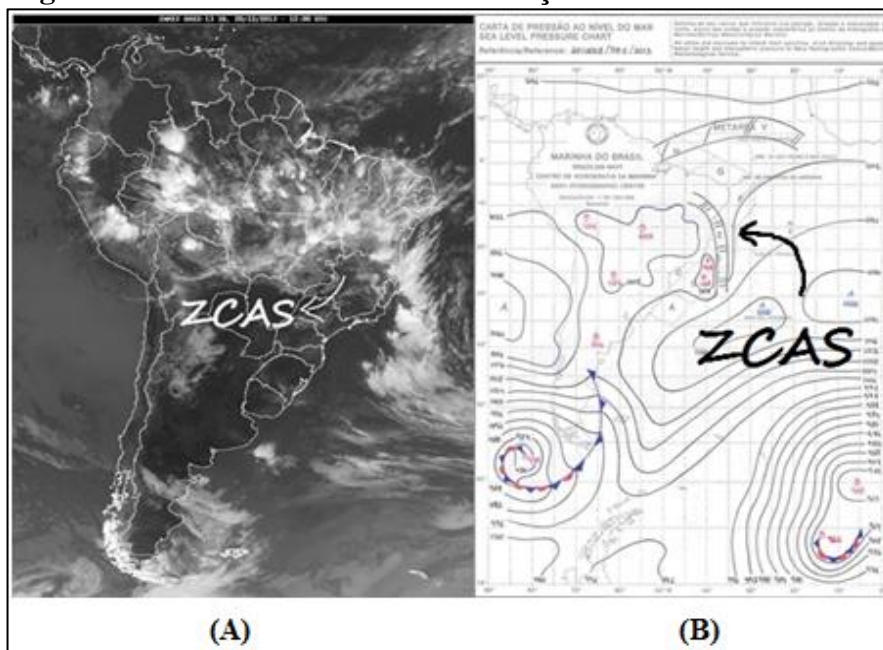
Conhecendo tais circunstâncias, ao analisar a atuação das FF sobre o Rio Grande do Norte, Souza (1998), preferiu adotar o termo "Repercussões de Frentes Frias", para se referir as oclusões das frentes frias e quentes, as frentes estacionárias e em dissipação, as repercussões e recuo das frentes polares. A referida autora justifica a opção por este termo, explicando que esta denominação já é consagrada em trabalhos específicos de meteorologia e de cunho climatológico, portanto, nesta pesquisa, utilizaremos este termo para fazer referência aos mesmos sistemas apontados por Souza.

C) Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS): Esta zona de convergência é apontada por Rocha e Gandu (1996. CLIMANALISE CPTEC/INPE) como sendo "um dos mais importantes fenômenos na escala intra-sazonal, que ocorre durante o verão na América do Sul". Comumente, a literatura especializada, especifica que este sistema pode ser facilmente identificado em imagens de satélites, por se apresentar como sendo uma alongada banda de nebulosidade com orientação NO - SE, que se estende desde o sul da região amazônica (nas proximidades do sul dos estados Amazonas e Pará) até o sudeste do Brasil (podendo desloca-se sobre a Bahia), avançando até as proximidades da região central do atlântico sul, contudo, nem sempre a ZCAS se apresenta desta forma, Carvalho e Jones (2009) apontam que a atividade convectiva da ZCAS tanto pode ocorrer da forma comentada acima, como pode estender-se apenas até a região sudeste do Brasil. Ainda segundo os respectivos autores, a ZCAS tem um papel fundamental sobre a pluviosidade na região sudeste, proporcionando grandes níveis pluviométricos, esta zona de convergência forma-se durante o fim da primavera (Novembro) e verão, atuando de forma episódica.

Sobre estas características, Carvalho e Jones (2009, p. 95,98) comentam que "embora tais características sejam observadas em todos os verões, importantes variações ocorrem na organização espacial, na intensidade das chuvas e na circulação" e que "a atividade convectiva intensa associada à ZCAS persiste ativa por alguns dias, e em outros casos não persiste". Um

exemplo da variação da organização espacial da ZCAS<sup>6</sup> é representado na figura 3, onde podemos observar o setor NO desta zona de convergência sobre o nordeste brasileiro, o que geralmente se apresenta mais a leste, sobre o sul da região Amazônica.

**Figura 3 - ZCAS Atuando Sobre a Porção Sul do NEB**



(A) Imagem GOES 13, IR 4. Dia 20/12/2013 - 12 UTC. (B) Carta de pressão 12 GTM - 20/12/2013. Fonte: (A) INMET, (B) Marinha do Brasil.

Quanto à influência deste sistema sobre o NEB, Mollion e Bernardo (2002) apontam que este é um dos principais responsáveis, apenas, para as chuvas do período chuvoso do SNE, principalmente para algumas cidades do sul da Bahia que possuem pico de pluviosidade durante dezembro-março, enquanto que a sua influência sobre a área costeira do nordeste, devido à sua grande extensão, se dá apenas na sua porção mais ao sul. Já João Pessoa, por estar mais a norte, as influências da ZCAS não são significativas para a pluviosidade, uma prova disto, são os baixos índices pluviométricos durante os meses de atuação da ZCAS, assim, esse sistema proporciona apenas alguns dias ocasionais de maior nebulosidade, como se verifica na figura 3.

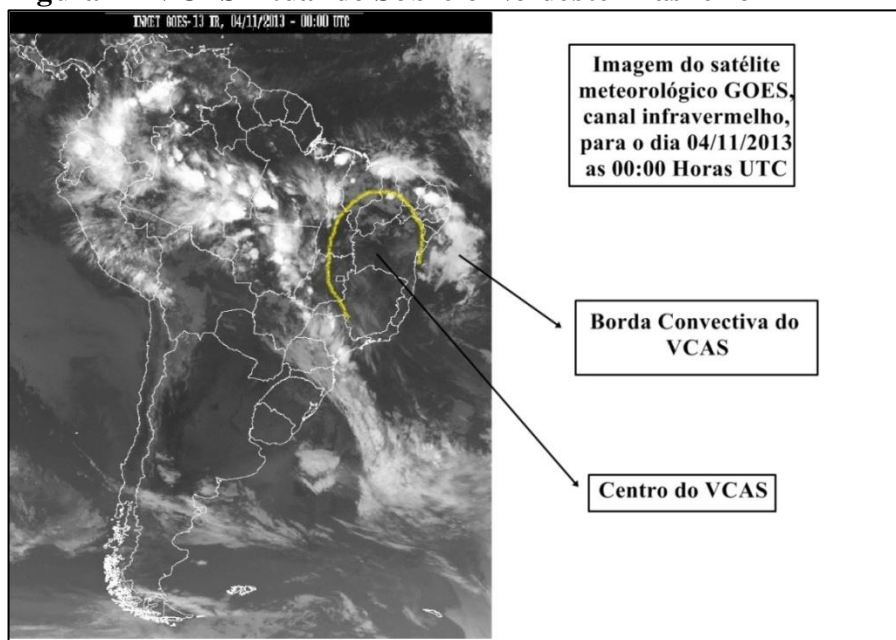
D) Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS): Este é um sistema meteorológico de origem tropical, conhecido também como Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN's), forma-se sobre o oceano atlântico, principalmente entre os meses de novembro a março, ocorrendo com maior frequência em janeiro e fevereiro, sendo um dos sistemas que contribui

<sup>6</sup>Para maiores informações sobre a origem e motivo de permanência desses sistemas, bem como suas características, recomendamos como leitura o texto de Carvalho e Jones (2009).



para maiores volumes de chuvas durante tais meses. O tempo de vida desses sistemas varia em média, entre 7 a 10 dias (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 20). Possuem um movimento de leste para oeste, são um conjunto de nuvens que, se observados pelas imagens de satélite, têm a forma aproximada de um círculo, apresentando um movimento ciclônico do ar, girando no sentido horário (figura 4).

**Figura 4 - VCAS Atuando Sobre o Nordeste Brasileiro**



Fonte: INMET, 2014.

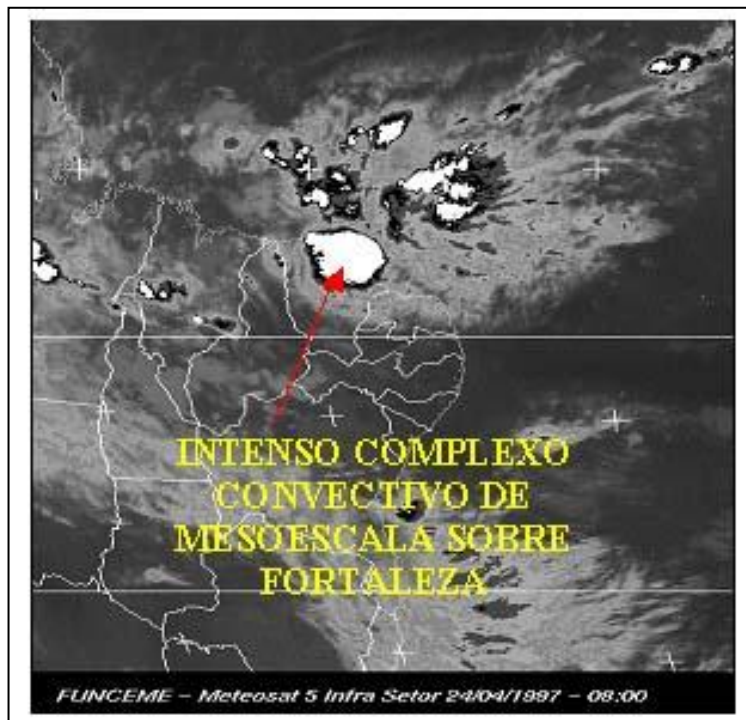
Na sua periferia (região de baixa pressão), ocorre o movimento ascendente do ar provocando a formação de nuvens que podem gerar grandes totais pluviométricos, no centro há movimentos de ar mais frio de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCEME, 2014; MOLLION e BERNARDO, 2002). Como exemplo, a figura 4 apresenta um VCAS que atuou sobre o nordeste durante os dias 2 a 6 de novembro de 2013, e causou chuvas severas em um curto espaço de tempo em vários estados desta região, provocando no dia 4, chuva de granizo em AL, RN, BA, PB e CE (Síntese Sinótica do Mês de Novembro de 2013-CPTEC/INPE, 2014).

E) Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's): Tais sistemas (figura 5) também são conhecidos como Complexos Convectivos de Escala Subsinótica (CCS), estes "são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis, como temperatura, relevo, pressão, e provocam chuvas fortes e de curta duração" (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 22). Como mencionado pelos autores, estes fenômenos podem provocar chuvas intensas, o que gera prejuízos. O tempo de vida deste sistema geralmente é curto, sua



gênese comumente ocorre durante o período noturno sobre o oceano atlântico sul, segundo Dias et al (2009), este "evolui ao longo do seu ciclo de vida modificando sua intensidade, seu tamanho, sua forma e a composição das nuvens".

**Figura 5 - CCM's atuando Sobre o Norte do Nordeste Brasileiro**



CCM's atuando em fortaleza no dia 24/04/1997 às 08:00h local (imagem do Satélite Meteosat-canal infravermelho). Fonte: FUNCEME (2006).

Este fenômeno ocorre em toda a América do Sul e segundo Ferreira e Mello (2005), os CCMs, na região subtropical, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão, enquanto que Filho et al (1996), explica que, frequentemente a propagação desses sistemas sobre a Paraíba ocorrem no período de março a junho, se originando sobre o oceano, seguindo daí uma trajetória praticamente zonal, se intensificando após chegar a costa e interagir com a topografia, estes autores ainda explicam que esses sistemas também se originam a partir de perturbações ao sul da Zona de Convergência Intertropical.

F) Linhas de Instabilidade (LI): Desenvolvem-se frequentemente na costa norte e leste do NEB, formam-se com maior frequência em meses de primavera e verão no Hemisfério Sul (entre os meses de novembro a março). Descrevendo este sistema Souza (1998) explica que:

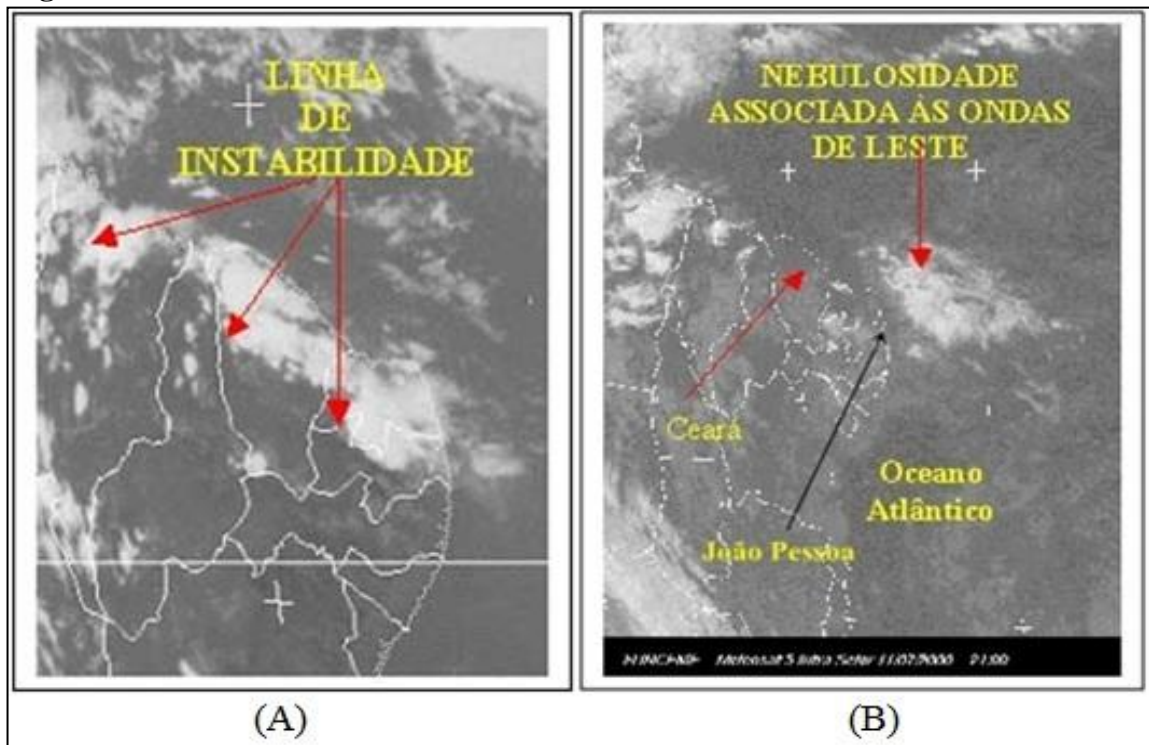
São formadas por cumulo nimbus de diversos tamanhos que se organizam em linha ou em curva. Estas linhas constituem um sistema que se desenvolve associado à circulação de mesoescala. Apresentam-se no litoral e adentram pelo continente

formadas pela convecção aumentando os índices de pluviosidade. A distribuição vertical de temperatura e umidade é tal que o levantamento de uma camada inteira de ar tenderá a deixar esse ar instável, e ocorrerá o fenômeno da condensação. As LI formam-se também entre os campos de pressão, no continente. (SOUSA, 1998, p.181).

As linhas de instabilidade (figura 6) ocorrem no período da tarde e início da noite, sua formação acontece "basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cumulus, que atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas" (FUNCEME, 2014). Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT.

G) Ondas de Leste (OL): São sistemas tropicais de mesoescala que se deslocam de leste para oeste, a partir da costa da África até atingirem a porção norte e leste do nordeste brasileiro, se formam no seio do anticiclone do atlântico sul. Aparecem nas imagens de satélite, na banda infravermelho, como uma nebulosidade baixa, em tons fracos de cinza, isso ocorre devido ao fato de serem nuvens mais baixas, esse sistema provoca chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o litoral do Rio Grande do Norte até o Recôncavo Baiano, "quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis as Ondas de Leste também provocam chuvas no Estado do Ceará" (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 23). Segundo Nimer (1979) e Silva (2007), elas ocorrem com mais frequência durante os meses de outono e inverno (de maio a agosto), tornando-se menos comuns durante as outras estações. Podemos destacar, ainda, que, com base em certas considerações de Serra (1948, 1953 e 1954), Nimer (1979) aponta que em alguns casos, determinadas frentes que chegam aos trópicos em sua posição marítima, ao entrarem em frontólise, mergulham nas ondulações do sistema TA, reforçando as ondas de leste (figura 6).

**Figura 6 - Linha de Instabilidade e Onda de Leste**



(A) Linha de Instabilidade desde o litoral do estado do Maranhão até o Rio Grande do Norte e parte da Paraíba (Imagem do satélite METEOSAT-7). (B) Nebulosidade associada as ondas de leste próximo a João Pessoa, esta se deslocou desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Fonte: Adaptado de FUNCEME.(2006).

H) Brisas marítimas e terrestres: São sistemas de escala local, sua ocorrência é o resultado do aquecimento e resfriamento diferencial que se estabelece entre o continente e o oceano. Durante o dia, a terra se aquece mais rapidamente que a água, dessa forma, uma baixa térmica desenvolve-se sobre o continente, isso faz com que os ventos superficiais soprem do oceano para este, caracterizando a brisa marítima. Ferreira e Mello (2005, p.23) apontam que "as brisas marítimas chegam a penetrar até 100 km para dentro do continente", contudo, esta distância pode variar, pois podem avançar maiores ou menores distâncias dependendo da configuração do relevo. No período da noite, esta situação se inverte, pois, o continente perde calor mais rápido que o oceano, assim, este último passa a ficar com temperaturas mais elevadas que o continente, invertendo o gradiente de pressão, dessa forma, o vento passa a soprar do continente para o oceano, caracterizando a brisa terrestre, tais brisas nem sempre são percebidas, no nordeste, por exemplo, os ventos alísios atuam durante o ano todo, assim, elas acabam apenas contribuindo para mudar a velocidade e direção destes ventos. As brisas são responsáveis por contribuir com maiores valores de umidade.

Esta grande quantidade de sistemas atmosféricos que atuam sobre o Nordeste do Brasil, passam a somar como um móvito a mais para complexidade climática desta região,

pois, tais fenômenos, com suas periodicidades e intensidades, contribuem para modular a distribuição temporal da pluviosidade sobre esta região, ocasionando períodos de estiagem intercalados por ocorrências de precipitações mais abundantes. Devemos destacar que, além dos sistemas atmosféricos, outro fator de grande relevância para a circulação atmosférica do Brasil e do Nordeste, é a influência exercida pelos oceanos Pacífico e Atlântico<sup>7</sup>. Ferreira e Mello (2005), Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Berlato e Fontana (2003) explicam que as temperaturas da superfície dos referidos oceanos, estão intimamente relacionadas com a circulação atmosférica da América do Sul, pois, alterações na TSM destes, provocam os fenômenos de interação oceano-atmosfera conhecidos como El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Pacífico e o dipolo do Atlântico no Atlântico, estes exercem influências negativas ou positivas para circulação atmosférica sobre Brasil e consequentemente sobre o Nordeste.

O El Niño Oscilação Sul é um fenômeno de grande escala que ocorre no oceano Pacífico Tropical, este termo refere-se à marcante interação entre o oceano e a atmosfera. O El Niño refere-se ao componente oceânico do fenômeno, enquanto que, o termo oscilação sul refere-se ao componente atmosférico. A denominação El Niño inicialmente é usada para designar o aumento da temperatura da superfície do pacífico em maiores proporções e intensidade, geralmente ocorrendo antes do Natal. Já o termo Oscilação Sul, é usado para se referir as diferenças na pressão atmosférica entre os extremos, leste e oeste do Pacífico, Berlato e Fontana (2003) explicam que, quando a pressão é alta à leste, usualmente será baixa a oeste, e vice versa, esta diferença de pressão nas extremidades do referido oceano também são conhecidas como gangorra barométrica.

A circulação que se forma da diferença de pressão atmosférica é conhecida como Célula de Circulação Equatorial de Walker, em situação normal, no extremo oeste do Pacífico, próximo à Indonésia e Polinésia Francesa, as águas superficiais do oceano são quentes, com temperaturas superiores a 28°C, o que ocasiona um aquecimento do ar, dando origem a uma zona de baixa pressão, ou seja, o ramo ascendente da célula de walker em contrapartida, esse ar que estava em ascensão, se esfria nas altas camadas da atmosfera, enquanto se dirige para leste, descendo sobre as águas frias (em torno de 22°C), próximas a costa do Peru, dando origem ao ramo subsidente da referida célula de circulação, assim, formam-se os ventos de leste, que empurram as águas quentes superficiais para as proximidades da Indonésia, permitindo a ressurgência, que é o afloramento na superfície das águas oceânicas frias advindas do fundo do Pacífico.

---

<sup>7</sup> As explicações a respeito do Dipolo do Atlântico e dos fenômenos El Niño e La Niña são baseadas nas considerações de Ferreira e Mello (2005), Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Berlato e Fontana (2003).

Assim sendo, em períodos de maior aquecimento ou resfriamento da TSM, esta circulação de Walker é alterada. Quando ocorre um aquecimento das águas superficiais do centro leste do Pacífico, os ventos de leste enfraquecem, podendo até inverter o sentido, passando a soprar de oeste. Com as águas superficiais à leste mais quentes, a ressurgência diminui ou é interrompida, esta situação atenua as diferenças de temperaturas e consequentemente da pressão atmosférica entre o leste e oeste do Pacífico, configurando assim, o El Niño ou fase negativa. Neste caso, o ramo ascendente da célula de Walker, que normalmente encontra-se a oeste, e o ramo descendente que se encontra a leste, se modificarão, o ar passará a entrar em ascensão sobre o Pacífico central e descenderá no Pacífico oeste e no norte e nordeste da América do Sul inibindo a formação de nuvens, dificultando também a atuação de certos sistemas sobre esta região, podendo acarretar secas severas.

No caso contrário, quando ocorre um maior resfriamento da TSM do Pacífico leste, presenciaremos um fortalecimento da célula de Walker, os ventos alísios sopraram com maior vigor, carregando com maior intensidade as águas quentes para oeste, favorecendo a ressurgência, tais circunstâncias passam a permitir melhores condições para a ascensão do ar sobre o nordeste brasileiro, bem como favorecerá a circulação atmosférica local. Berlato e Fontana (2003, p.24) explicam que, "em eventos muito fortes de El Niño a TSM nas regiões dos Niños pode ser, em média 2°C a 5°C acima do normal, ao passo que nos eventos muito fortes de La Niña, as temperaturas podem ser de 1°C a 4°C abaixo do normal". Devemos destacar que nem todo evento de El Niño provoca repercussões negativas para o NEB, pois, isto também dependerá das condições do dipolo do Atlântico.

## 2.3 Procedimentos Metodológicos

- Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada a leitura de bibliografias (fontes documentais em bibliotecas públicas, particulares, acervos pessoais e internet) que tratavam das perspectivas teóricas utilizadas, dos procedimentos metodológicos, da dinâmica atmosférica da América do Sul e do Brasil, bem como dos sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste Brasileiro (NEB) e sua climatologia, além destas temáticas, também foram necessárias leituras sobre o fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul), assim, tal bibliografia abrange o tema proposto.

- Aquisição dos dados

Para a realização desta pesquisa foram utilizados dados obtidos mediante estação meteorológica de superfície e informações extraídas de cartas de pressão e imagens de satélite Meteorológico. O banco de dados meteorológicos de superfície é referente a uma série temporal de trinta anos (1983 a 2012), tais dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que é responsável pela administração da Estação Meteorológica de João Pessoa (07°06' LAT. S, 34°52' LONG. W e altitude 7, 43m). Apesar da estação ter iniciado sua operação na década de 1960, a escolha do recorte temporal utilizado nesta pesquisa, justifica-se devido às inúmeras falhas detectadas na base de dados anteriores ao ano de 1983.

Quanto as cartas de pressão ao nível do mar, essas foram disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha do Brasil, todas referentes ao horário 12 GTM (9 horas local). Quanto às imagens de satélite, foram utilizadas as imagens do satélite meteorológico de órbita geoestacionária GOES-12, no canal infravermelho, banda 4, projeção América do Sul, também referentes ao horário 12 GTM, estas foram disponibilizadas pelo CPTEC/INPE. Em alguns casos, para a confirmação da atuação de determinados sistemas atmosféricos, tornou-se necessário o auxílio de imagens referentes a horários anteriores e posteriores a 12 GTM (Greenwich Mean Time ou Hora Média em Greenwich), esse procedimento permitiu uma maior exatidão das análises sinóticas.

- Tratamento e Análise dos dados

Para a realização da Análise Rítmica, torna-se necessário a eleição de "anos-padrão", e como mencionado no primeiro tópico deste capítulo, o elemento mais apropriado para tal eleição, é a precipitação pluviométrica. Portanto, após a aquisição do banco de dados, foi realizada uma apurada revisão para a identificação de possíveis falhas, isto nos levou a desconsiderar para esta pesquisa, os dados referentes aos anos de 1960 a 1982. Em seguida, os dados foram organizados e tabulados por meio da planilha eletrônica *Microsoft Excel 2007*, a série temporal recebeu os seguintes tratamentos de estatística descritiva: Cálculos de média, desvio padrão e coeficiente de variação. O conjunto destes cálculos permite a visualização das variabilidades.

Para a análise da pluviosidade, decidiu-se não considerar os totais de chuvas por meio das estações térmicas (verão, outono, inverno e primavera), essa escolha se deve ao fato de que, a pluviosidade na região Nordeste apresenta uma grande variabilidade intra-anual. Assim, tornou-se mais apropriado adotar o método utilizado por Silva (2007), esse autor realizou uma

correlação da pluviosidade com a produção agrícola na Paraíba e propôs a seguinte classificação: Pré-estação Chuvosa, Estação Chuvosa e Estação Seca.

Silva (2007) ainda subdividiu a Paraíba em seis microrregiões pluviometricamente homogêneas, que apresentaram diferentes épocas de pré-estação e estação chuvosa, nesta subdivisão, João Pessoa, está inserida na microrregião do Litoral, que possui a pré-estação correspondente aos meses de fevereiro a abril e a estação chuvosa como sendo os meses de maio a agosto, os meses restantes (setembro a janeiro), referem-se ao período seco para esta cidade.

Após os cálculos estatísticos e dos totais anuais e sazonais para a obtenção dos seus valores normais e de dispersão, seguiu-se as orientações de Sant'Anna Neto<sup>8</sup> (1990), que estabelece o uso de coeficientes de variação permitindo a classificação da precipitação anual e sazonal com base nos valores totais da dispersão percentual, este estabelece cinco classes, que são:

- Ano Chuvoso: Ano com pluviosidade elevada, com índices superiores a 25% da média normal;
- Ano Tendente a Chuvoso: Ano com pluviosidade ligeiramente elevada, próxima à média normal, com desvio entre +12,5% a 25%;
- Ano Habitual: Ano com pluviosidade normal, cujo total pluvial situa-se dentro dos desvios médios padrão, com variação de -12,5% a +12,5%;
- Ano Tendente a Seco: Ano com pluviosidade ligeiramente reduzida, próxima à média normal, com desvio entre -25% a -12,5%;
- Ano Seco: Ano com pluviosidade reduzida, com índices inferiores a -25% da média normal.

Um aspecto a ser destacado é que, é apropriado na análise rítmica a construção do gráfico da análise rítmica, este, reúne e representa em escala diária os dados que permitem em conjunto com as imagens de satélite e cartas de pressão, à observação do comportamento atmosférico, contendo ainda, os sistemas atmosféricos atuantes, essa análise em conjunto evidencia as condições atmosféricas e os tipos de tempo, objetivo central de investigações climatológicas, assim, os parâmetros utilizados nesta pesquisa foram: Pressão atmosférica, temperaturas do ar máximas, médias e mínimas, umidade do ar, precipitação, e direção dos ventos.

---

<sup>8</sup> A escolha deste critério de classificação justifica-se diante de sua grande aceitação dentro da climatologia brasileira e por se adequar bem as necessidades desta pesquisa.

Para a construção do gráfico da Análise Rítmica, utilizou-se o "*software Ritmo Análise, versão 1,0 de 2004*". Infelizmente, devido a limitações deste software, não foi possível representar no gráfico, os parâmetros insolação e nebulosidade, que são de relevância para a representação do comportamento atmosférico, contudo, a ausência destes dados no gráfico não influi nos resultados. A etapa final da análise da dinâmica atmosférica consistirá na escolha de episódios significativos, para um detalhamento em escala diária do comportamento de determinados sistemas atmosférico, contribuindo para a compreensão dos mecanismos de circulação regional e zonal.



### **3. ANÁLISE RÍTMICA APLICADA AOS ANOS-PADRÃO**

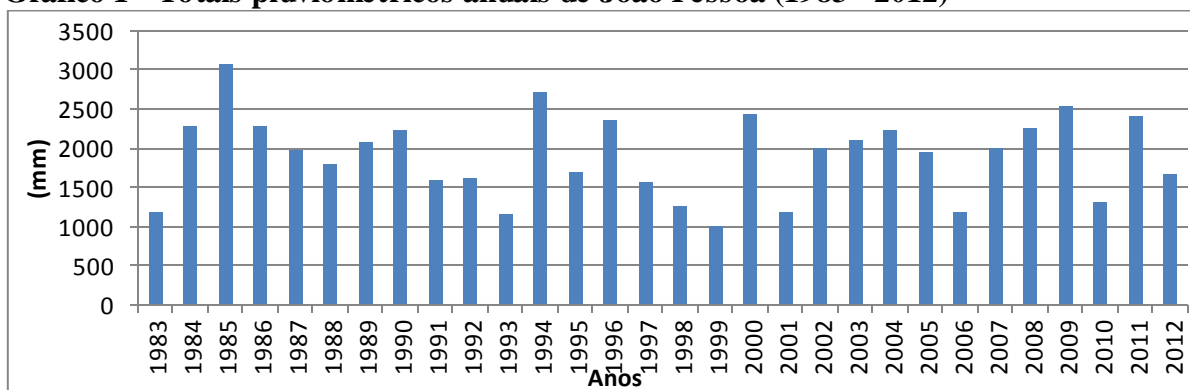
#### **3.1 Variabilidade da Precipitação Pluviométrica anual e interanual da série temporal (1983-2012)**

Por conta do Brasil encontrar-se na área tropical do planeta, a pluviosidade torna-se o elemento climático com melhor capacidade de traduzir as variações rítmicas presentes num dado ano, ou as que se alternam de um ano para outro, desta forma, para a escolha dos anos-padrão, foi analisado dados de pluviosidade de uma série de trinta anos (1983 - 2012). Como já esclarecido, é comum na técnica da análise rítmica a eleição de períodos padrão (anos, estações, meses e episódios), que são aqueles que melhor representam um quadro dinâmico das situações concretas, por demonstrarem bem a ocorrência dos tipos de tempos habituais e aqueles afetados por irregularidades. Desta forma, tendo bem em mente os importantes detalhes lembrados acima, será apresentado a partir de agora o resultado da análise da série temporal da pluviosidade, bem como da análise dos anos-padrão.

Os cálculos estatísticos aplicados à série de dados analisada revelaram que a pluviosidade em João Pessoa nos anos de 1983 a 2012 apresentaram um valor normal de 1906,5 mm. No gráfico 1 podemos observar que os totais de precipitação anual apresentam grande variabilidade interanual, os valores mais elevados da série foram registrados em 1985<sup>9</sup> com um acumulado de 3085,6 mm e 1994 com 2721,3mm. Os mais reduzidos totais anuais foram registrados em 1999 com um total de 1017,3 mm e em 1993 com 1149,9 mm. Apesar da grande variabilidade interanual, podemos observar no gráfico 1, que em intervalos de três a cinco anos, ocorrem anos com menor pluviosidade em relação aqueles anteriores e posteriores. Essa sequência pode ser observada a partir de 1983, após ele, temos um intervalo de quatro anos até 1988, onde a pluviosidade foi mais reduzida em relação a 1987 e 1989, o mesmo ocorre quatro anos depois em 1993 com intervalo de cinco anos até 1999, voltando a ocorrer entre 2001 e 2006 com intervalo de quatro anos, e de 2006 para 2010 com intervalo de três anos.

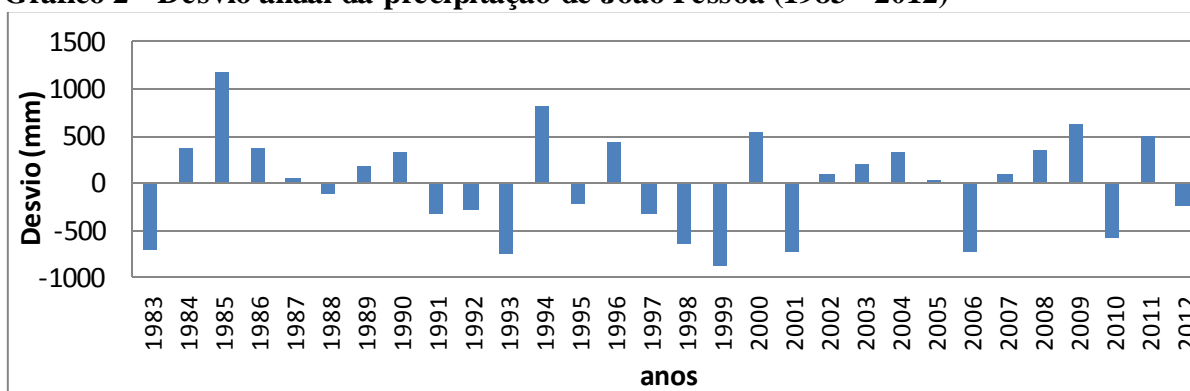
---

<sup>9</sup> É interessante destacar que o ano de 1985 foi apontado como o mais chuvoso por Souza (1998) para o eixo de observação da pesquisa realizada por esta autora, tal eixo compreendia estações pluviométricas no MA, PI, CE e RN. Zanella, Sales & Abreu (2009), ao realizarem pesquisas sobre eventos pluviais intensos, também apontaram 1985 como o ano mais chuvoso para Fortaleza.

**Gráfico 1 - Totais pluviométricos anuais de João Pessoa (1983 - 2012)**

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

Tratando da dispersão anual da precipitação, o gráfico 2 apresenta os desvios anuais em relação a normal histórica do período analisado, este também expõe a acentuada variabilidade interanual, mostrando que o desvio extremo positivo em 1985 foi de 1179,1 mm e em 1994 foi de 814,8 mm, já o desvio extremo negativo em 1999 foi de -889,2 mm e em 1993 foi de -756,6 mm, estes valores revelam uma variação extrema de 2068,3 mm do ano mais chuvoso em relação ao mais seco. A síntese quantitativa inteira está presente no quadro 2, enquanto que a síntese qualitativa está no quadro 3. Estes números expõem claramente uma marcante característica climática do nordeste – as elevadas variabilidades interanuais da pluviosidade. Sobre este tema, existem vários autores que detalham esta questão, dos quais destacam-se: Nimer (1979), Souza (1998), Molion e Bernardo (2002), Silva (2007), Kayano e Andreoli (2009) e Lucena (2012).

**Gráfico 2 - Desvio anual da precipitação de João Pessoa (1983 - 2012)**

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

Como bem destaca Monteiro (1971), as variações anuais do rítmico climático só podem ser percebidas pelas variações mensais em vários e sucessivos anos, é com base nesta

e em outras considerações feitas por tal autor, que também investigamos as variações mensais a partir das variabilidades sazonais, buscando identificar os anos mais representativos. Assim sendo, é digno de nota, lembrar que a análise do comportamento pluviométrico anual não será realizada com base nas estações térmicas (verão, outono, inverno e primavera), conforme explicado e justificado na metodologia considerou-se para esta pesquisa a pré-estação chuvosa, que correspondente aos meses de fevereiro a abril e a estação chuvosa como sendo os meses de maio a agosto, os meses restantes (setembro a janeiro), referem-se ao período seco para João Pessoa. No quadro 2 podemos observar uma síntese da distribuição quantitativa e das variações da pluviosidade das três estações ao longo da série temporal analisada.

- A "pré-estação chuvosa" apresentou um valor normal de 569,4 mm, este volume corresponde a 29,9% do acumulado histórico anual. Neste período, o ano com maior pluviosidade foi 1985, que apresentou um acúmulo extremo positivo de 1246 mm, valor esse, bem concentrado para a pré-estação, tal ano apresentou um desvio extremo positivo de 676,8 mm (118,9%), o segundo maior em pluviosidade para este período foi 2009 com um total de 946,3 mm e desvio positivo de 376,9 mm. O ano com menor pluviosidade na pré-estação foi 1998 com 99,5 mm, apresentando um desvio extremo negativo de -469,9 mm (-82,5%), seguido por 1999 com 246,7 mm e desvio negativo de -322,7 mm. Conforme podemos observar no quadro 2, os desvios positivos e negativos da pluviosidade que ocorreram em 1985 e 1998 foram os mais expressivos em relação à média da estação, para as três estações do período analisado.

- A "estação chuvosa" apresentou uma média histórica de 1.100 mm, sendo responsável pela maior participação na pluviosidade anual, apresentando um valor de 57,7% da normal anual histórica. O ano de maior pluviosidade neste período foi 1994 com um total de 1793,6 mm, seguido por 1985 com 1646,5 mm, enquanto que o ano mais seco foi 2001 com 549,5 mm, um segundo ano de baixa pluviosidade nesta estação foi 1983, ele apresentou um acumulado negativo bem próximo a 2001, com um total de 562,2 mm. Os valores de dispersão destes anos foram de 693,6 mm para 1994 e 546,5 mm para 1985, enquanto que para 2001 e 1983 os desvios negativos foram de -550,5 mm e -527,8 mm respectivamente.

- A "estação seca" apresentou um valor normal de 237,1 mm, correspondendo a 12,4% do volume histórico anual da pluviosidade, sendo, portanto, o período mais seco do ano. A maior quantidade de pluviosidade neste período foi registrada no ano 2000, com um valor de 468,2 mm, outro ano com totais mais expressivos foi 1986 (427,8 mm). As menores pluviosidades ocorreram de forma semelhante em 1988 com 120 mm e 1995 com 130,2 mm.

O desvio positivo é de 231 mm para o ano 2000 e 191 mm para 1986, enquanto que os desvios negativos de 1988 e 1995 são de -117 mm e -107 mm respectivamente.

**Quadro 2 - Síntese da variação pluviométrica em João Pessoa (1983 - 2012)**

Anos	Pré-estação chuvosa			Estação chuvosa			Estação Seca			Anual		
	Total	Desvio		Total	Desvio		Total	Desvio		Total	Desvio	
		(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%
1983	473,6	-95,8	-16,8	562,2	-537,8	-48,9	157,9	-79	-33,4	1193,7	-712,82	-37,39
1984	716,3	146,9	25,8	1268,9	168,9	15,4	292,4	55	23,3	2277,6	371,10	19,46
1985	1246,2	676,8	118,9	1646,5	546,5	49,7	192,9	-44	-18,6	3085,6	1179,10	61,85
1986	913	343,6	60,3	936,6	-163,4	-14,9	427,8	191	80,4	2277,4	370,90	19,45
1987	813,9	244,5	42,9	1017,2	-82,8	-7,5	134,4	-103	-43,3	1965,5	59,00	3,09
1988	572,3	2,9	0,5	1103,8	3,8	0,3	120	-117	-49,4	1796,1	-110,40	-5,79
1989	692,1	122,7	21,5	1173	73,0	6,6	225,4	-12	-4,9	2090,5	184,00	9,65
1990	531,3	-38,1	-6,7	1443	343,0	31,2	254,1	17	7,2	2228,4	321,90	16,88
1991	542,7	-26,7	-4,7	880,7	-219,3	-19,9	161,3	-76	-32,0	1584,7	-321,80	-16,88
1992	643,4	74,0	13,0	778,9	-321,1	-29,2	206,8	-30	-12,8	1629,1	-277,40	-14,55
1993	268,9	-300,5	-52,8	694,1	-405,9	-36,9	186,9	-50	-21,2	1149,9	-756,60	-39,69
1994	603,6	34,2	6,0	1793,6	693,6	63,1	324,1	87	36,7	2721,3	814,80	42,74
1995	407,4	-162,0	-28,5	1157,7	57,7	5,2	130,2	-107	-45,1	1695,3	-211,20	-11,08
1996	849,9	280,5	49,3	1147,4	47,4	4,3	353,4	116	49,1	2350,7	444,20	23,30
1997	792,6	223,2	39,2	649,6	-450,4	-40,9	135,3	-102	-42,9	1577,5	-329,00	-17,26
1998	99,5	-469,9	-82,5	978,9	-121,1	-11,0	191,7	-45	-19,1	1270,1	-636,40	-33,38
1999	246,7	-322,7	-56,7	590,1	-509,9	-46,4	180,5	-57	-23,9	1017,3	-889,20	-46,64
2000	467,8	-101,6	-17,8	1503,9	403,9	36,7	468,2	231	97,5	2439,9	533,40	27,98
2001	471,3	-98,1	-17,2	549,5	-550,5	-50,0	157,7	-79	-33,5	1178,5	-728,00	-38,19
2002	581	11,6	2,0	1140,3	40,3	3,7	281,8	45	18,9	2003,1	96,60	5,07
2003	734,6	165,2	29,0	1108,1	8,1	0,7	265,7	29	12,1	2108,4	201,90	10,59
2004	423,9	-145,5	-25,6	1423,4	323,4	29,4	382,3	145	61,2	2229,6	323,10	16,95
2005	289,2	-280,2	-49,2	1495,5	395,5	36,0	156	-81	-34,2	1940,7	34,20	1,79
2006	297	-272,4	-47,8	717,3	-382,7	-34,8	164	-73	-30,8	1178,3	-728,20	-38,20
2007	588	18,6	3,3	1231,6	131,6	12,0	184,3	-53	-22,3	2003,9	97,40	5,11
2008	621,6	52,2	9,2	1353,8	253,8	23,1	279,1	42	17,7	2254,5	348,00	18,25
2009	946,3	376,9	66,2	1372,8	272,8	24,8	225,4	-12	-4,9	2544,5	638,00	33,46
2010	273,7	-295,7	-51,9	779,4	-320,6	-29,1	267,9	31	13,0	1321	-585,50	-30,71
2011	716,2	146,8	25,8	1374,7	274,7	25,0	323,1	86	36,3	2414	507,50	26,62
2012	259,3	-310,1	-54,5	1126,2	26,2	2,4	283,1	46	19,4	1668,6	-237,90	-12,48

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Fernanda Patrícia.

Após a caracterização dos totais pluviais e variabilidades pluviométricas dos desvios anuais e sazonais da série analisada, será realizado agora, a classificação dos anos e períodos

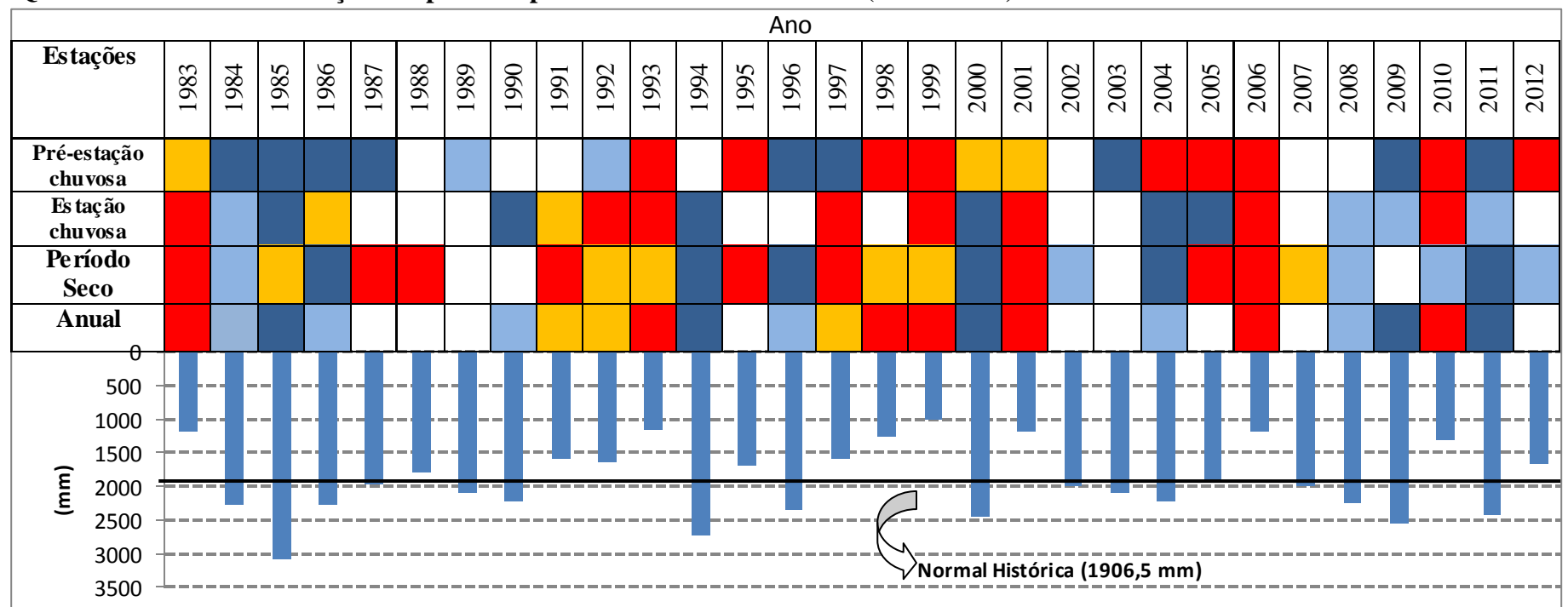
estacionais adotados, para isto, seguiu-se os parâmetros sugeridos por Sant'Anna Neto (1990), estes já foram detalhados no capítulo 2 desta pesquisa, contudo, recordando tal proposta, o referido autor sugere o uso de coeficientes de variação, permitindo a classificação da precipitação anual e sazonal com base nos valores totais da dispersão percentual, este estabelece cinco classes ou padrões: ano chuvoso, ano tendente a chuvoso, ano habitual, ano tendente a seco e ano seco.

A partir dos parâmetros estabelecidos pelo autor supracitado, o quadro 3 apresenta a síntese da classificação dos desvios percentuais anuais e sazonais que estão alistados quantitativamente no quadro 2, desta forma, os padrões da pluviosidade anual do período analisado (1983 - 2012) para João Pessoa foram qualificados nas seguintes classes:

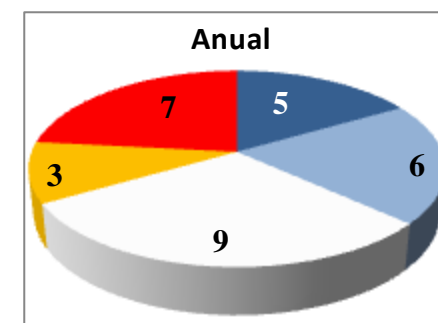
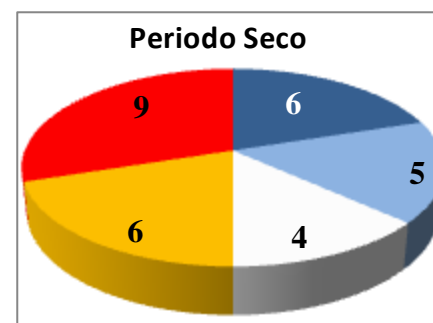
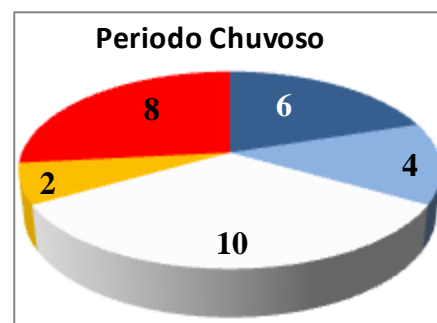
- Ano chuvoso: Nesta classe foram identificados cinco anos, que são: 1985, 1994, 2000, 2009 e 2011, estes correspondem a 16,7% da série.
- Ano tendente a chuvoso: Os anos que apresentaram desvios percentuais necessários para esta categoria foram seis, estes são: 1984, 1986, 1990, 1996, 2004 e 2008, representando 20% da série analisada.
- Ano habitual: Essa é a categoria com maior quantidade de anos, somando nove, que são: 1987, 1988, 1989, 1995, 2002, 2003, 2005, 2007 e 2012, essa quantidade de anos representa 30% do total da série.
- Ano tendente a seco: Esta é a categoria com menor participação de anos, com um número de apenas três, que são: 1991, 1992 e 1997, estes equivalem a 10% da série.
- Ano seco: Foram identificados sete anos que se encaixam nesta categoria, estes são: 1983, 1993, 1998, 1999, 2001, 2006 e 2010, o total destes anos contabiliza 23,3% do recorte da série.

Assim como os anos, o quadro 3 também categoriza os desvios percentuais sazonais, desta forma, é possível conferir que na somatória das três estações durante o período analisado, a categoria seco foi a mais comum, seguido por um empate entre a frequência da categoria habitual e chuvoso, portanto, vejamos uma síntese das características da variabilidade das classes sazonais.

**Quadro 3 - Síntese da variação temporal da pluviosidade de João Pessoa (1983 - 2012)**



**LEGENDA:** CHUVOS TENDENTE A CHUVOSO HABITUAL TENDENTE A SECO SECO Total Anual Pluviométrico



Fonte: Dados fornecidos pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

- **Pré-estação chuvosa:** Neste período, as categorias seco e chuvoso foram as mais comuns, apresentando um empate na sua frequência, ambas com nove, cada uma destas representa 30% dos registros, se somadas totalizam 60% do período. A classe habitual teve sete eventos, totalizando 23,3%. A classe tendente a seco (três eventos;10%) e tendente a chuvoso (dois eventos; 6,7%) foram às menos frequentes na pré-estação chuvosa.
- **Estação chuvosa:** Para este período, a classe habitual foi a mais comum totalizando uma frequência de dez episódios (33,3%), o padrão seco vem em segundo lugar com oito (26,7%), enquanto que a categoria chuvoso registrou seis ocorrências (20%), tendente a chuvoso: quatro eventos (13,3%), e tendente a seco apenas dois (6,7%).
- **Estação seca:** Nesta estação o padrão com maior número de eventos foi o seco, repetindo-se nove vezes, somando assim, um percentual de 30%, o padrão tendente a seco e chuvoso estão em segundo lugar com um empate de seis ocorrências cada, o que os dá uma representatividade de 20% do registro para cada um. A classe tendente a chuvoso e habitual apresentaram cinco (16,7%) e quatro (13,3%) ocorrências respectivamente.

### 3.2 Seleção e análise dos Anos-Padrão

A escolha dos anos-padrão pode ser feita de dois modos válidos, a partir dos valores quantitativos e dos qualitativos. Por meio dos valores quantitativos, a pesquisa consideraria aqueles anos com a pluviosidade mais elevada, mais reduzida e a mais próxima da normal histórica da série, porém, como já mencionado, devido às irregularidades pluviométricas intra-anuais na região nordeste, esse critério poderia não ser o mais válido, visto que num ano considerado habitual, a pluviosidade poderia ser concentrada em uma das estações, sendo reduzida nas outras, desta forma, a pluviosidade concentrada compensaria a falta de chuva nas outras estações, um exemplo claro disso ocorreu em 2005 (veja o quadro 3), neste ano a pré-estação chuvosa e a estação seca apresentaram reduzida pluviosidade, sendo consideradas como padrão seco, enquanto que a estação chuvosa foi considerada chuvosa, desta forma, a concentração pluviométrica nesta estação compensou a pouca chuva das outras, tornando este ano habitual, mesmo não apresentando nenhuma estação nesta categoria. Devido a tais fatores, a pesquisa adotou os valores qualitativos, assim sendo, os resultados foram:

- **Ano-Padrão excepcionalmente Seco:** O ano 2006 foi escolhido por apresentar todos os padrões sazonais na categoria seco, com pluviosidade reduzida (1178,3 mm). Outros anos como: 1983, 1993, 1998, 1999 (com menor pluviosidade da série) e 2010 também poderiam

ser utilizados como representativos, porém, estes apresentaram pelo menos um período estacional sem a categoria seco.

- Ano-Padrão habitual: Quanto aos valores totais da pluviosidade, os anos de 1987, 1988, 2002, 2005 (o mais próximo da média) e 2007 seriam os mais representativos, enquanto que os anos de 1988, 1989, 2002 e 2007 foram aqueles que apresentaram quase todos os períodos habituais, destes, foi escolhido o ano 2007 devido a maiores facilidades de acesso aos dados e por apresentar o total pluviométrico anual muito próximo da média histórica.

- Ano-Padrão chuvoso: O ano de 1985 seria o mais representativo em termos quantitativos, pois, apresenta o valor mais elevado da série histórica, porém, seu período seco se enquadrava na categoria tendente a seco, o que difere de 2011 (2414 mm) que mesmo não apresentando todas as estações chuvosas, mas, a sua única variação foi para a categoria tendente a chuvoso na estação chuvosa, sendo o ano mais próximo de todas as categorias no padrão chuvoso, outros anos que poderiam ser utilizados seriam 1994 e 2000, porém, estes também apresentaram um período estacional mais distante da categoria chuvoso.

### **3.2.1 Variação Pluviométrica dos Anos-Padrão**

O Quadro 4 apresenta os totais pluviométricos de cada estação bem como os desvios percentuais para os três anos-padrão, neste podemos observar que o ano de 2006 apresentou um desvio extremo negativo de -728,2 mm em relação a normal histórica (1906,5 mm) enquanto que o ano habitual de 2007, o desvio foi de apenas 97,4 mm, proporcionando uma variação percentual de apenas 5,11%, já no ano chuvoso de 2011, o desvio extremo positivo foi de 507,5 mm, proporcionando uma pluviosidade de 26,62% superior a média histórica. Em 2006, apesar de todas as estações apresentarem valores pluviométricos negativos em relação às médias históricas, a menor concentração de chuvas em relação à média da estação foi na pré-estação chuvosa e a maior concentração de chuvas em relação à média da estação foi na estação seca. Em 2007, a menor concentração de chuva em relação à estação ocorreu na estação seca e a maior na estação chuvosa. Já em 2011, a maior concentração de chuvas em relação à média da estação foi na estação seca, enquanto que a menor variação percentual ocorreu na estação chuvosa.



**Quadro 4- Variações pluviométricas sazonais dos Anos-Padrão**

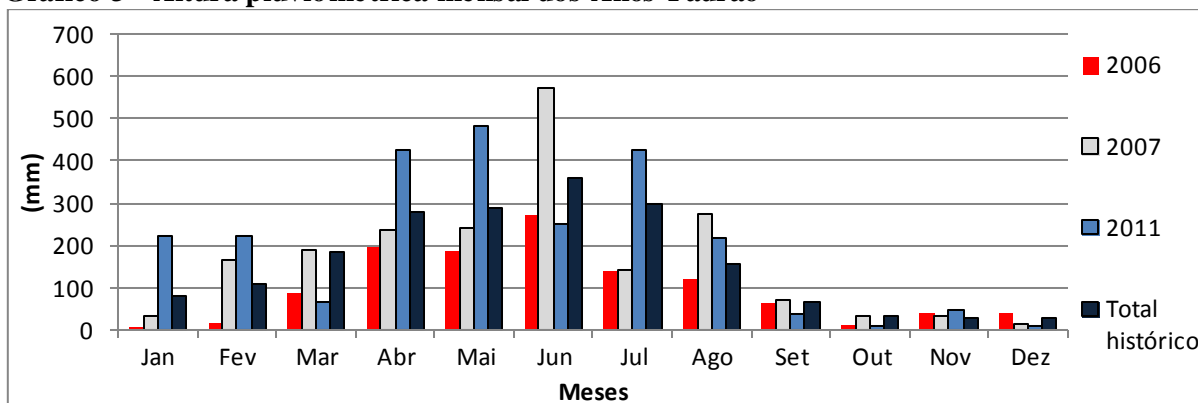
Anos	Pré-estação chuvosa			Estação chuvosa			Estação Seca			Anual		
	Total	Desvio		Total	Desvio		Total	Desvio		Total	Desvio	
		(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%
<b>2006</b>	297	-272,4	-47,8	717,3	-382,7	-34,8	164	-73	-30,8	1178,3	-728,2	-38,2
<b>2007</b>	588	18,6	3,3	1231,6	131,6	12,0	184,3	-53	-22,3	2003,9	97,4	5,11
<b>2011</b>	716,2	146,8	25,8	1374,7	274,7	25,0	323,1	86	36,3	2414	507,5	26,62

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

O gráfico 3 representa a altura pluviométrica mensal dos anos-padrão, nos permitindo visualizar as variações mensais existentes dentro das três estações adotadas. Portanto, podemos visualizar que, todos os três anos analisados apresentaram a maior parte da pluviosidade concentrada nos meses de abril a agosto correspondendo assim, ao fim da pré-estação chuvosa e a toda estação chuvosa, obedecendo ao comportamento pluviométrico histórico da série analisada.

Certo destaque deve ser feito ao ano de 2011 que apresentou quase o dobro de pluviosidade em relação aos outros anos nos meses de abril, maio e julho, apresentando certa redução no mês de junho, ainda a título de destaque, em 2007, a extrema concentração pluviométrica no mês de junho é evidente, sendo o dobro do total registrado no mês de maio e o triplo do mês de julho deste mesmo ano. O elevado total pluviométrico em junho de 2007, chegou ainda a ser o dobro da quantidade registrada para este mês em 2006 e 2011.

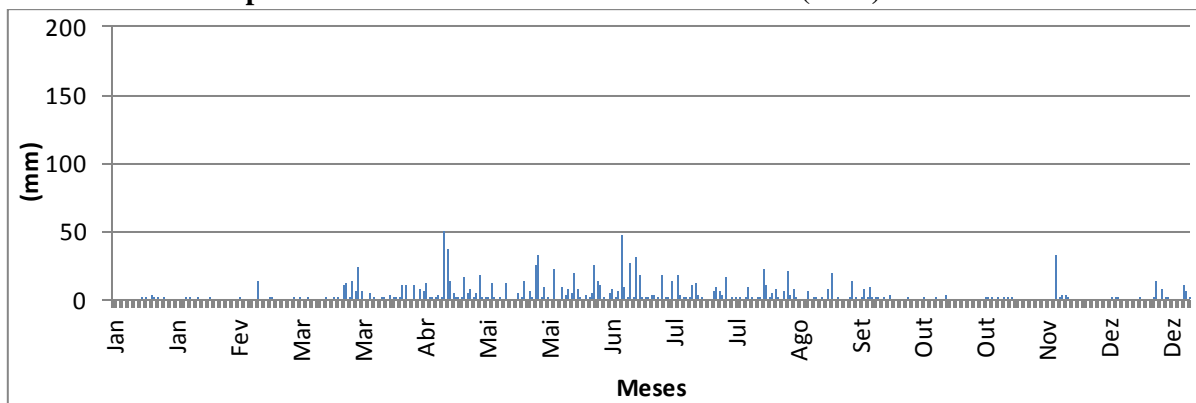
O gráfico 3 ainda confirma a baixa representatividade pluviométrica presente entre os meses de setembro a dezembro, seguindo assim o comportamento habitual presente nos valores históricos, tais meses são representados pela estação seca que se estende até janeiro, observa-se nos valores históricos que normalmente este mês apresenta certa elevação pluviométrica em relação aos outros meses da estação seca, porém, o único ano que apresentou maior pluviosidade neste mês foi 2011, superando a normal histórica para este mês. Quanto a fevereiro, que é o primeiro mês da pré-estação chuvosa, observa-se que tanto em 2011 como 2007 a pluviosidade foi elevada. Por ser um ano seco, os valores pluviométricos de 2006 foram reduzidos em todos os meses, não apresentando excepcionalidades marcantes.

**Gráfico 3 - Altura pluviométrica mensal dos Anos-Padrão**

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

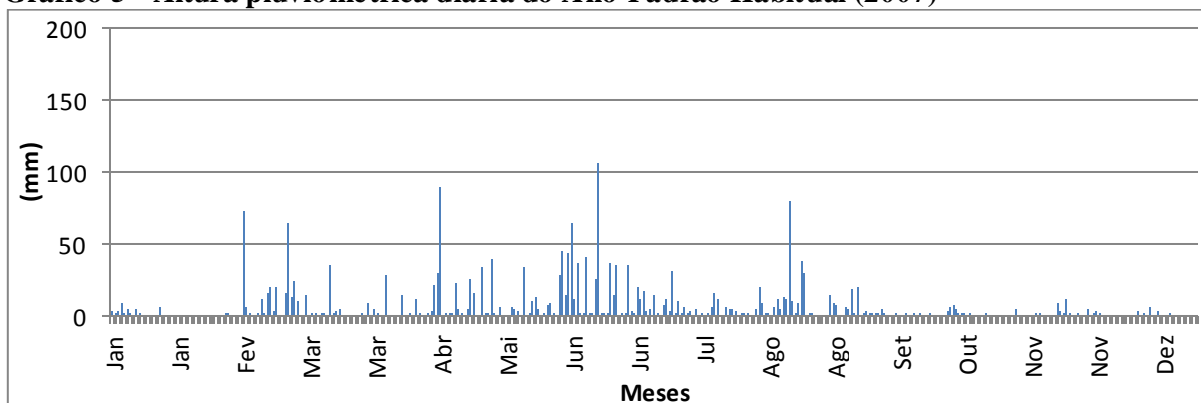
Para esta pesquisa considerou-se com base em Souza (1998) e Lucena (2012) que, um dia chuvoso seria aquele com um valor igual ou superior a 0,1 mm/dia, desta forma, será analisado neste momento a quantidade de dias com chuva e as concentrações pluviométricas diárias, pois, tal análise permite um melhor entendimento do ritmo das chuvas.

Com base no parâmetro citado acima e que foi adotado para esta pesquisa como indicador de dia com ou sem chuva, o ano padrão-seco 2006 apresentou 191 dias com chuva e 174 sem chuva (quadro 5). Podemos observar no gráfico 4 que o referido ano apresentou o maior quantitativo de dias com pluviosidade concentrada nos meses de março a início de setembro, compreendendo parte da pré-estação chuvosa e toda a estação chuvosa, esse padrão condiz com o comportamento das normais pluviométricas históricas mensais em João Pessoa (gráfico 3), enquanto que, do final de setembro a meados de março, a pluviosidade diária foi baixa, o que condiz com as normais históricas de tais meses, porém, deve-se fazer ressalva para o mês de novembro, neste mês houve um dia (16/11) com pluviosidade mais elevada, somando 32,4 mm. No geral, o ano 2006 não apresentou eventos de concentrações pluviométricas diárias de grande destaque, o dia com maior pluviosidade foi dia 23 de abril, com 51 mm/dia.

**Gráfico 4 - Altura pluviométrica diária do Ano-Padrão Seco (2006)**

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

O ano-padrão habitual (2007) apresentou 198 dias com pluviosidade e 167 dias sem chuva. Os dias com maior pluviosidade ocorreram entre os meses de fevereiro e agosto (gráfico 5), compreendendo, portanto, a toda a pré-estação chuvosa e estação chuvosa, destes, o mês de junho foi o mais representativo. Na pré-estação chuvosa, o mês de fevereiro apresentou a pluviosidade acima da média histórica (gráfico 3) devido a uma maior concentração de dias com alta pluviosidade neste mês, já a estação seca, apresentou-se com nenhum dia de elevada pluviosidade. O dia de maior concentração pluviométrica ocorreu no mês de junho com 105,4 mm/dia (13/06) e o segundo maior total pluviométrico diário ocorreu em abril (21/05) com 89,4 mm/dia.

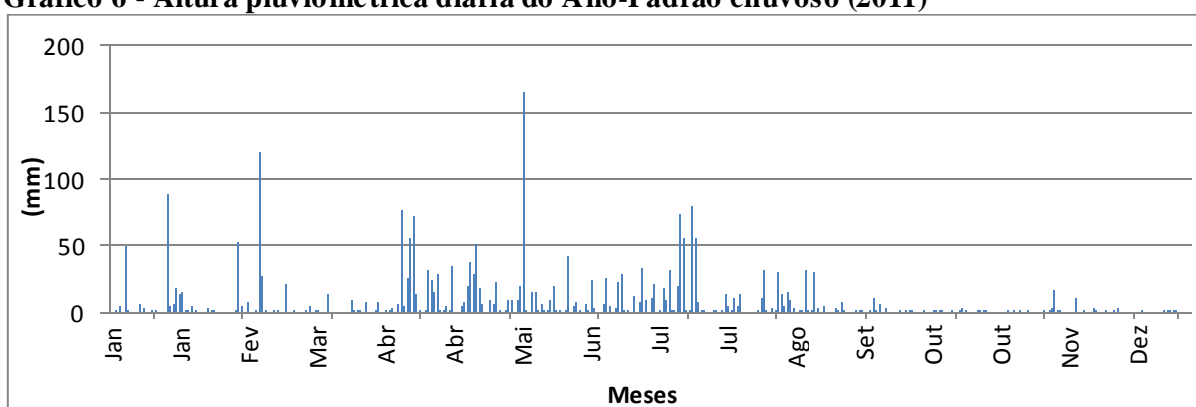
**Gráfico 5 - Altura pluviométrica diária do Ano-Padrão Habitual (2007)**

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

O ano padrão-chuvoso (2011) apresentou a maior concentração de dias com elevada pluviosidade nos meses de Abril a agosto (Gráfico 6), correspondendo assim, ao último mês da pré-estação chuvosa e aos meses da estação chuvosa, podemos verificar ainda no gráfico 6 que os meses de janeiro e fevereiro também registraram dias com elevada pluviosidade, a

partir desta análise da concentração dos dias de chuva intensa, podemos compreender melhor os maiores índices pluviométricos nos referidos meses para este ano de 2011. O dia com maior pluviosidade em 2011 foi registrado em maio (dia 20/05) com 165 mm/dia, tal quantidade representou 34% da pluviosidade deste mês, resultando no fato de que este mês foi aquele com maior concentração de chuva neste ano, um segundo dia com expressiva concentração pluviométrica ocorreu em fevereiro (dia 20/02) com 119,8 mm/dia, o que representou 54% da pluviosidade do mês, ou seja, metade da chuva do mês ocorreu em um único dia.

**Gráfico 6 - Altura pluviométrica diária do Ano-Padrão chuvoso (2011)**



Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

Foram contabilizados para o ano-padrão chuvoso (2011), 215 dias com chuva (Quadro 5), e 150 sem chuva, a diferença em dias com chuva para o ano-padrão seco (2006) é de apenas 24, enquanto que a diferença pluviométrica é de 1235,7 mm, esse fato indica que o fator principal para que um ano se torne chuvoso ou seco em João Pessoa não é a quantidade de dias com chuva, pois, tanto o ano-padrão seco como o ano-padrão chuvoso apresentaram quase a mesma quantidade de dias com chuva, dessa forma, tais dados indicam que o fator preponderante é a concentração pluviométrica, o que pode ser confirmado ao observarmos os gráficos 4 e 6.

**Quadro 5 - Dias com Chuva x Dias sem chuva**

Ano	Dias com Chuva	Dias sem Chuva
2006	191	174
2007	198	167
2011	215	150

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

### 3.3 Análise Rítmica Aplicada aos Anos-Padrão

A atuação dos sistemas atmosféricos nos anos analisados se deu de forma muito semelhante ao que é relatado na literatura, apresentando, contudo, particularidades comuns à forma em que cada sistema se manifesta, dependendo do setor geográfico e do ano de ocorrência. Os principais sistemas identificados foram a Zona de Convergência Intertropical, Massa Tropical Atlântica, Repercussões de Frentes Frias, Vórtice Ciclônico de Ar Superior, Complexos convectivos de mesoescala ou complexos convectivos de escala subsinótica, linhas de instabilidade e as ondas de leste, devemos destacar também que em determinados casos, alguns destes sistemas atuam em conjunto. A análise em escala diária da dinâmica atmosférica regional, associada aos elementos climáticos dos anos considerados anos-padrão, podem ser observados no Apêndice A (Gráfico da Análise Rítmica para o ano de 2006 - Ano Seco), Apêndice B (Gráfico da Análise Rítmica para o ano de 2007 - Ano Habitual), Apêndice C (Gráfico da Análise Rítmica para o ano de 2011 - Ano Chuvoso).

A partir de tal análise, foi possível extrair a participação anual, sazonal e diária de cada sistema atmosférico atuante na área de estudo. Na investigação da atuação dos sistemas atmosféricos nos anos-padrão, foram selecionados alguns episódios diários para um melhor detalhamento da evolução e performance dos sistemas atmosféricos atuantes e dos tipos de tempo, permitindo um melhor entendimento das variações quantitativas e qualitativas da atmosfera. Esta análise contribui para a compreensão do clima local, bem como dos mecanismos de circulação regional e zonal, o que é o objetivo central da investigação climatológica.

#### 3.3.1 Ano Padrão Seco (2006)

O percentual de participação dos sistemas atmosféricos no ano de 2011 pode ser observado na tabela 1, esta evidência que a ZCIT atuou em 32,6% dos dias da pré-estação chuvosa, diminui assim sua participação para 22% na estação chuvosa, valor este ainda alto se comparado com os outros anos, na estação seca este sistema esteve ausente, sua participação anual foi de 15,3%. Neste ano, a MTA teve sua maior atuação dentre os três anos analisados para a pré-estação chuvosa, que totalizou neste período 56,2% de participação, diminuindo sua atuação para 27,6% na estação chuvosa, ampliando-se na estação seca, atuando em 74% do período, sua participação anual foi de 54% dos dias. As RFF atuaram durante a pré-estação chuvosa, totalizando 1,1% dos dias, na estação chuvosa ocorreu em 0,8% do período e na

estação seca sua participação foi de 2%, este foi o ano de menor atuação das RFF totalizando apenas 1,4%. Os VCAS atuaram na pré-estação chuvosa em 9% dos dias, ausentando-se na estação chuvosa, voltando a ocorrer na estação seca, totalizando assim 6,5% do período, sua participação anual foi de 4,9%. Para detalhes veja o Apêndice A.

**Tabela 1 - Participação dos Sistemas Atmosféricos no Ano Seco (2006)**

SISTEMAS ATMOSFÉRICOS	PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA	ESTAÇÃO CHUVOSA	ESTAÇÃO SECA	PARTICIPAÇÃO ANUAL
	Fev-Mar-Abr	Mai- Jun-Jul-Ago	Set-Out-Nov-Dez-Jan	
ZCIT	32,6%	22%	0%	15,3%
MTA	56,2%	27,6%	74%	54%
RFF	1,1%	0,8%	2%	1,4%
VCAS	9%	0%	6,5%	4,9%
VCAS/ZCIT	0%	0%	0%	0%
CCM's	0%	3,3%	1,3%	1,6%
CCM's/ZCIT	0%	0,8%	0%	0,3%
LI	1,1%	0,8%	0,7%	0,8%
LI/ZCIT	0%	2,4%	0%	0,8%
OL	0%	42,3%	15,7%	20,8%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Resultados obtidos a partir dos dados fornecidos pelo CPTEC/INPE e Marinha do Brasil.  
Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

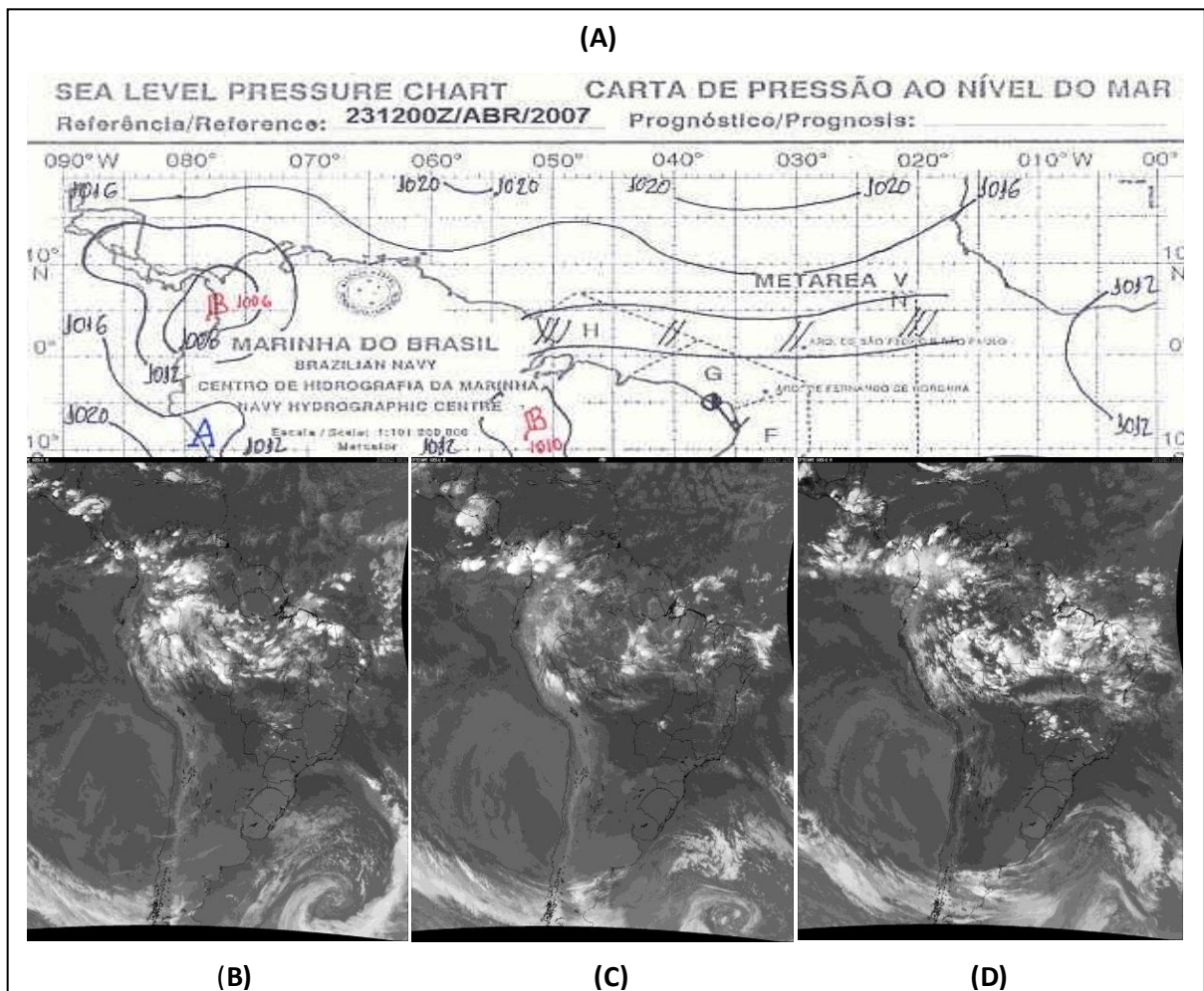
Os CCM's não atuaram durante a pré-estação chuvosa, enquanto que na estação chuvosa esse sistema ocorreu em 3,3% dos dias deste período, na estação seca a sua participação foi de 1,3% totalizando para o ano, uma porcentagem de 1,6%, este sistema ainda ocorreu associado à ZCIT em 0,8% da estação chuvosa, o que representa 0,3% do percentual deste ano. As LI atuaram em 1,1 dos dias da pré-estação chuvosa, em 0,8% da estação chuvosa e em 0,7% da estação seca, totalizando uma participação anual de 0,8%. Já as OL, não atuaram na pré-estação chuvosa, enquanto que na estação chuvosa sua participação foi de 42,3%, a maior para este período dentre os três anos analisados, na estação seca este sistema ocorreu em 15,7% dos dias, sua participação anual foi de 20,8.

### 3.3.1.1 Análise de Episódios

Na figura 7 B, C e D, observa-se a atuação da ZCIT sobre a porção norte e leste do NEB, para a representação desse evento, optou-se pela utilização de imagens do GOES 12 referentes às 00, 12 e 21 horas GTM, pois, dessa forma, evidencia-se claramente o

comportamento da ZCIT ao longo do dia. Na figura 7 C é possível observar uma forte nebulosidade sobre o litoral leste do NEB, aparentando-se com um Complexo Convectivo, porém, por meio da observação do comportamento desta banda de nebulosidade ao longo deste dia em associação com a carta de pressão, ficou evidente que se trata da ZCIT, principalmente quando observamos a figura 7 D. Este evento reduziu a temperatura máxima em relação aos dias anteriores e posteriores, elevando a umidade relativa, o total pluviométrico registrado na estação meteorológica de João Pessoa foi de 51 mm com ventos predominantes de SW e pressão atmosférica de 1012,8 hPa. O sistema citado já estava atuando sobre a referida cidade desde o dia dezessete, causando ainda, 37 mm de pluviosidade no dia 24.

**Figura 7- Precipitação ocasionada pela atuação da ZCIT - 23/04/2006**

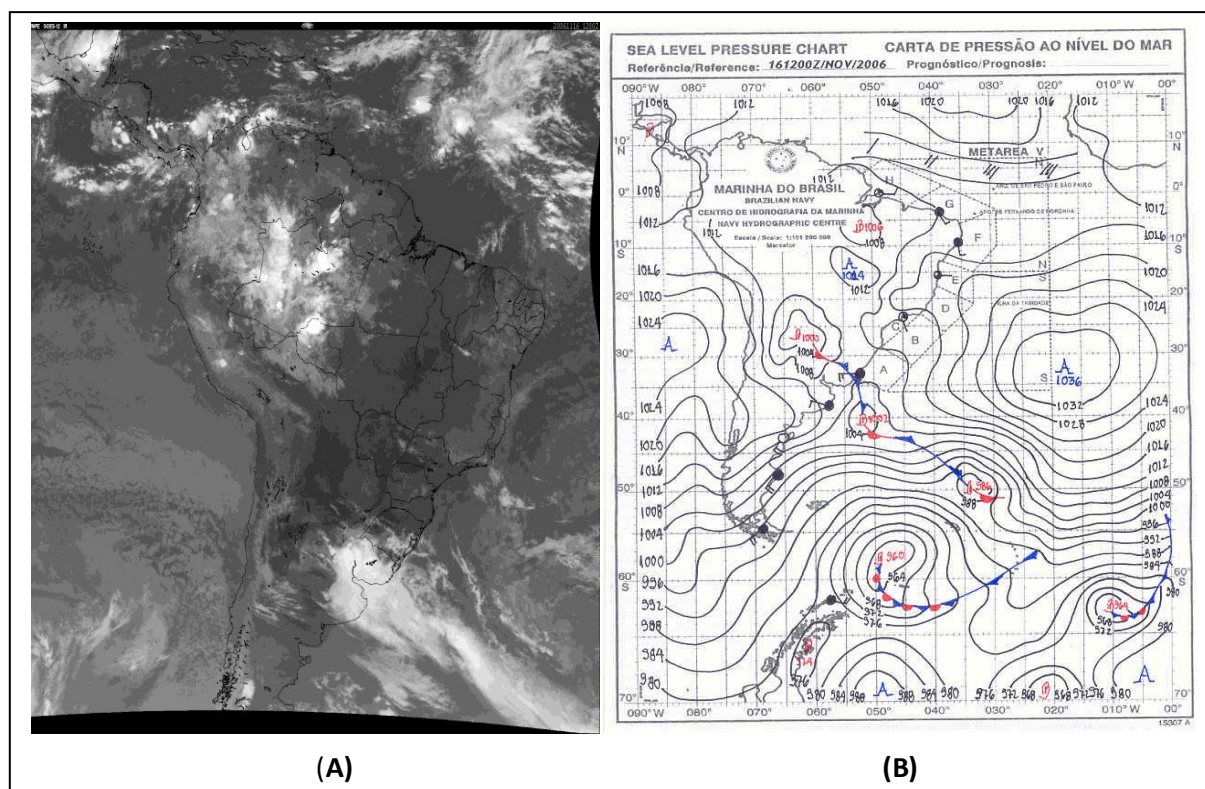


(A) Carta de pressão ao nível do mar 12 GTM, dia 23/04/2006. (B, C e D) Imagens do satélite meteorológico GOES 12, canal infravermelho, projeção America do sul, 00 e 12 GTM. Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC.



Na figura 8 A, podemos verificar a atuação de baixas nuvens sobre João Pessoa, essa é uma característica bem comum das ondas de leste, tal sistema mostrou-se intenso, com forte movimentação de nuvens na direção leste para oeste. É muito provável que neste dia, este sistema tenha sido impulsionado pela ZCIT, visto que, como podemos verificar na carta de pressão (figura 8 B), a ZCIT apresenta-se forte, atuando em latitude 0°, na imagem do GOE, sua forte atuação se confirma com a presença de uma forte nebulosidade. As ondas de leste causaram um total pluviométrico de 32,4 mm, elevando a umidade relativa para 90%, os termômetros registraram uma temperatura máxima de 29,8° C, e pressão atmosférica no nível de estação de 1013,5 hPa.

**Figura 8- Precipitação Ocasionada Pela Atuação das Ondas de Leste - 16/11/2006**



Imagens do satélite meteorológico. (A) GOES 12, canal infravermelho, projeção America do sul, 12 GTM, dia 16/11/2006. (B) Carta de pressão ao nível do mar 12 GTM, referente ao mes mo dia. Fonte: CPTEC e Marinha do Brasil.

### 3.3.2 Ano-Padrão Habitual (2007)

A participação dos sistemas atmosféricos que atuaram na área de estudo no ano de 2007, pode ser observada na tabela 2, neste ano a ZCIT atuou na pré-estação chuvosa em 37,1% dos dias, sendo o sistema de maior atuação deste período, decaindo com sua participação na estação chuvosa, atuando durante esta estação em apenas 4,9% dos dias,



enquanto que na estação seca, este sistema ocorreu em 3,9% do período, sua participação anual foi de 12,3%. A MTA atuou na pré-estação chuvosa em 36% dos dias, enquanto que na estação chuvosa, este sistema participou em 35% do período e na estação seca, atingiu sua mais expressiva atuação dentre as três estações, com uma porcentagem de 79%, sua participação neste ano foi de 53,7%. As RFF durante a pré-estação chuvosa atuaram em 2,2%, aumentando sua participação para 14,6% na estação chuvosa, ausentando-se durante a estação seca, sua participação neste ano foi de 5,5%. Para detalhes da atuação dos sistemas atmosféricos mencionados acima, veja o Apêndice B

**Tabela 2 - Participação dos Sistemas Atmosféricos no Ano Habitual (2007)**

<b>SISTEMAS ATMOSFÉRICOS</b>	<b>PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA</b>	<b>ESTAÇÃO CHUVOSA</b>	<b>ESTAÇÃO SECA</b>	<b>PARTICIPAÇÃO ANUAL</b>
	Fev-Mar-Abr	Mai- Jun-Jul-Ago	Set-Out-Nov-Dez-Jan	
ZCIT	37,1%	4,9%	3,9%	12,3%
MTA	36%	35%	79%	53,7%
RFF	2,2%	14,6%	0%	5,5%
VCAS	18%	1,6%	5,9%	7,4%
VCAS/ZCIT	0%	0%	0%	0%
CCM's	2,2%	8,1%	0%	3,3%
CCM's/ZCIT	0%	0%	0%	0%
LI	4,5%	0,8%	0,7%	1,6%
LI/ZCIT	0%	0%	0%	0%
OL	0%	35%	10,5%	16,2%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Resultados obtidos a partir dos dados fornecidos pelo CPTEC/INPE e Marinha do Brasil.  
Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira.

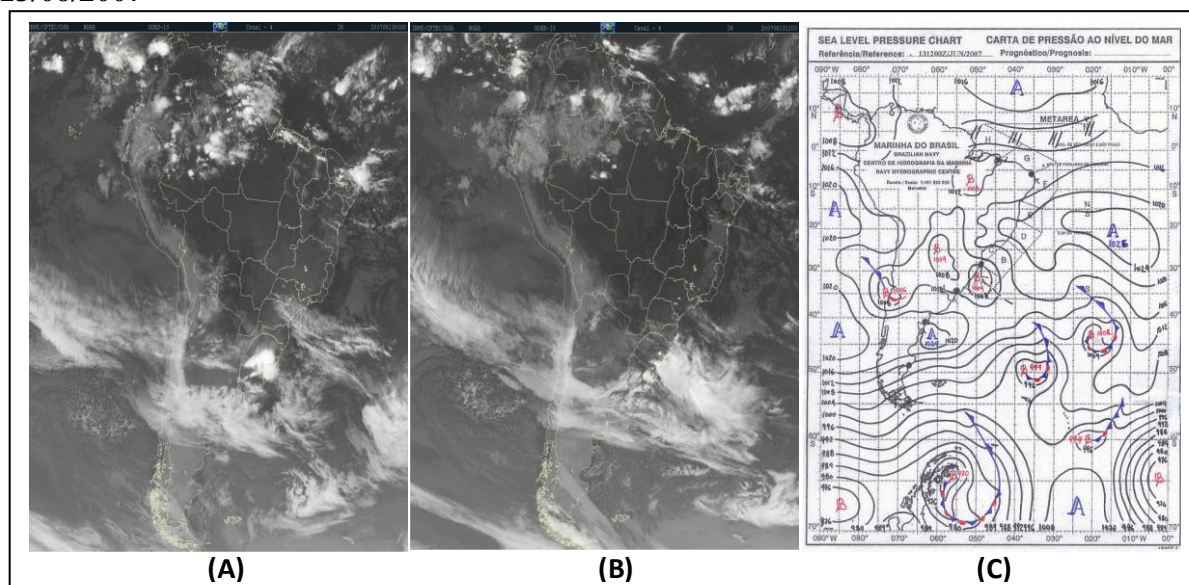
Os VCAS atuaram na pré-estação chuvosa durante 18% do período, diminuindo sua atuação durante a estação chuvosa para 1,6%, voltando a aumentar sua ocorrência na estação seca, com 5,9%, o total anual de sua participação em 2007 foi de 7,4% dos dias. Os CCM's ocorreram em 2,2% dos dias da pré-estação chuvosa, aumentando sua participação na estação chuvosa com 8,1%, ausentando-se durante a estação seca, sua participação anual foi de 3,3%. Apesar de sua diminuta participação, as LI ocorreram durante as três estações, na pré-estação, este sistema ocorreu em 4,5% do período, diminuindo para 0,8% e 0,7% na estação chuvosa e seca respectivamente, sua participação no total anual foi de 1,6%. As OL normalmente não ocorrem nos meses da pré-estação chuvosa, assim, este sistema foi ausente nesta estação,

atuando em 35% da estação chuvosa, empatando sua atuação neste período com a MTA, durante a estação seca a participação das OL decresceu para 10% dos dias apresentando assim, uma participação de 16% da porcentagem anual de 2007.

### 3.3.2.1 Análise de episódios

Para a representação desse evento, tendo em vista suas características, optou-se por apresentar imagens do GOES 12 referentes às 00 e 12 horas GTM, bem como a carta de pressão referente às 12 GTM. Na figura 9 A, é possível observar a presença de um forte aglomerado de nuvens sobre a Paraíba e Rio Grande do Norte configurando-se um CCM's, esse sistema teve sua origem no mar, próximo à costa leste do NEB, sua formação ocorreu na noite entre o dia 12 e 13 de junho, assim, na figura 9 A, nota-se que esse sistema já está atuando sobre os referidos estados. Ao chegar ao continente, esse sistema, assim como em outras ocasiões, sofre influência do relevo e começa a se dissipar, como podemos observar na figura 9 B, dessa forma, tal CCM's não avançou muito adentro do continente. Este provocou um total pluviométrico no dia 13/06 de 105,4 mm, a umidade relativa esteve em torno de 84%, registrou-se uma pressão atmosférica de 1014,6 hPa, não houve redução significativa na temperatura máxima ( 29,4° C) para este dia e os ventos foram de direção sudeste.

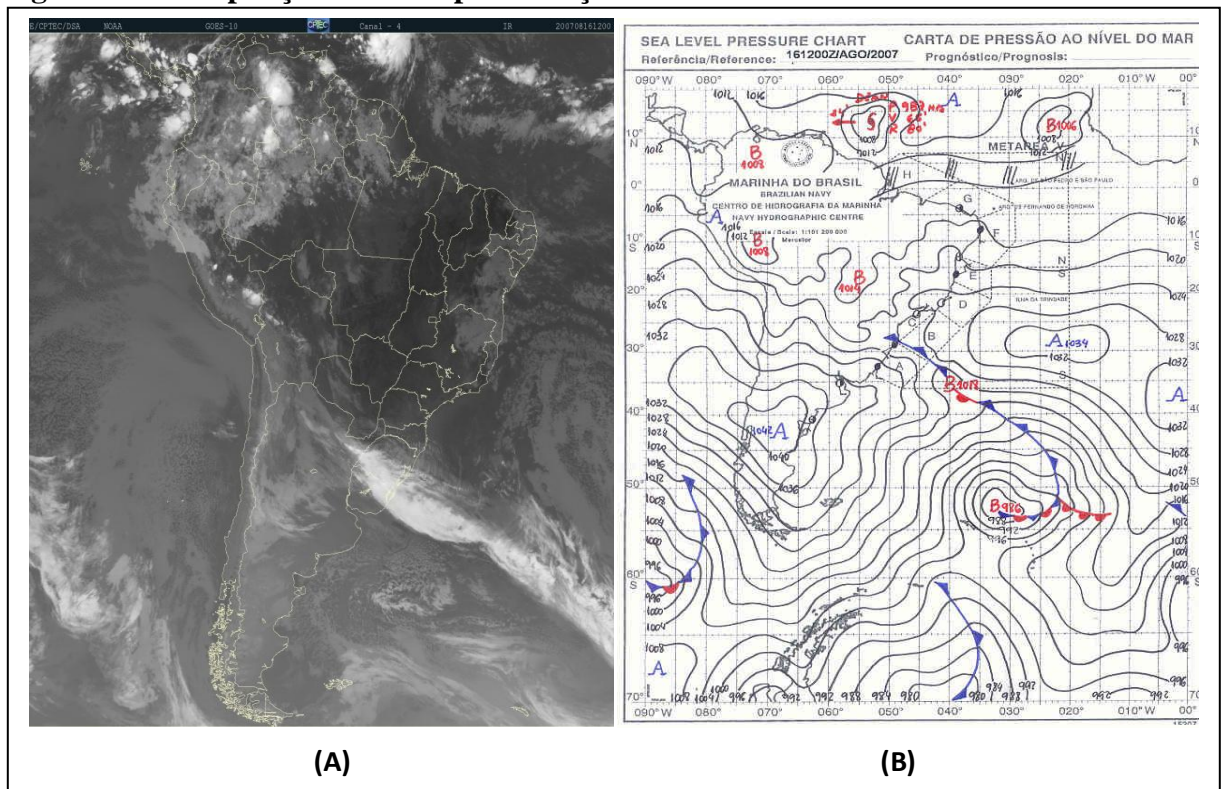
**Figura 9- Evento de precipitação extrema causada pela atuação de um CCM's - 13/06/2007**



CCM's atuando e dissipando-se sobre João Pessoa (A e B). Satélite meteorológico GOES 12, canal infravermelho, projeção America do sul, 00 e 12 GTM, dia 13/06/2007. (C) Carta de pressão ao nível do mar 12 GTM, referente ao mesmo dia. Fonte: CPTEC e Marinha do Brasil.

Na figura 10 A, podemos verificar sobre o leste do NEB a presença de nuvens baixas, estas são características das OL, no referido mês desse evento, tal sistema atuou durante boa parte dos dias, alternando sua participação com a MTA, as OL provocaram totais de chuva entre 0,1 e 38 mm/dia neste mês, porém, no dia 16/08, esse sistema, que já vinha atuando de forma consecutiva desde o 11/08, provocou um total pluviométrico de 79,6 mm, os ventos sopraram de sul neste dia, a temperatura máxima registrada foi de 27,6° C, com umidade relativa de 85%, foi registrado uma pressão atmosférica de 1016,2 hPa. Tanto a temperatura como a pressão atmosférica não sofreram muitas mudanças em relação aos registros dos dias posteriores e anteriores.

**Figura 10- Precipitação causada pela atuação de uma OL - 16/08/2007**



OL atuando no leste do Nordeste brasileiro. (A) Imagem do satélite meteorológico GOES 12, canal infravermelho, projeção América do sul, 12 GTM, dia 16/08/2007. (B) Carta de pressão ao nível do mar 12 GTM, referente ao mês do dia. Fonte: CPTEC e Marinha do Brasil.

### 3.3.3 Ano-Padrão Chuvoso (2011)

O percentual de participação dos sistemas atmosféricos no ano de 2011 pode ser observado na tabela 3, nesta, podemos conferir que a ZCIT atuou na pré-estação chuvosa em 46,1% do período, a maior participação para o período dentre os três anos analisados, diminuindo sua participação na estação chuvosa e na estação seca, com 13,8% e 3,3%

respectivamente, sua participação anual foi de 17,3%. A MTA esteve presente em 41,6% dos dias da pré-estação chuvosa, diminuindo sua participação na estação chuvosa para 26,8%, já na estação seca, sua atuação foi predominante, de forma comum, abarcando 66% do período, sua participação anual foi de 46,8%. As RFF não atuam na pré-estação chuvosa, enquanto que na estação chuvosa, período mais comum de sua atuação, tal sistema esteve presente em 18,7% dos dias, já na estação seca, apresentou-se em 7,2% dos dias, sua participação anual foi de 9,3%.

**Tabela 3 - Participação dos Sistemas Atmosféricos no Ano chuvoso (2011)**

<b>SISTEMAS ATMOSFÉRICOS</b>	<b>PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA</b>	<b>ESTAÇÃO CHUVOSA</b>	<b>ESTAÇÃO SECA</b>	<b>PARTICIPAÇÃO ANUAL</b>
	Fev-Mar-Abr	Mai-Jun-Jul-Ago	Set-Out-Nov-Dez-Jan	
ZCIT	46,1%	13,8%	3,3%	17,3%
MTA	41,6%	26,8%	66%	46,8%
RFF	0%	18,7%	7,2%	9,3%
VCAS	11,2%	0%	10,5%	7,1%
VCAS/ZCIT	0%	0%	1,3%	0,6%
CCM's	0%	9%	0%	3%
CCM's/ZCIT	1,1%	0%	0%	0,3%
LI	0%	6,5%	1,9%	3%
LI/ZCIT	0%	0,8%	0%	0,3%
OL	0%	24,4%	9,8%	12,3%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Resultados obtidos a partir dos dados fornecidos pelo CPTEC/INPE e Marinha do Brasil.  
Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

Os VCAS atuaram em 11,2% da pré-estação chuvosa, ausentando-se na estação chuvosa e voltando a atuar na estação seca em 10,5% do período, nesta estação, este sistema ainda atuou em conjunto com a ZCIT em alguns dias, esta atuação conjunta correspondeu a 1,3% do período e 0,6% do ano, a participação anual dos VCAS foi de 7,1%. Um CCM's atuou em conjunto com a ZCIT na pré-estação chuvosa, esta atuação conjunta correspondeu a 1,1% do período e 0,3% da participação anual, na estação chuvosa os CCM's corresponderam a 9%, ausentando-se na estação seca, a participação anual deste sistema foi 3%. As LI não atuaram durante a pré-estação chuva, enquanto que na estação chuvosa estas ocorreram em 6,5% do período, atuando ainda contígua com a ZCIT, tal atuação conjunta somou 0,8% do período e 0,3% de participação anual, na estação seca as linhas de instabilidade ocorreram em 1,9% do período, a participação anual das LI foi de 3%. As ondas de leste mantiveram-se

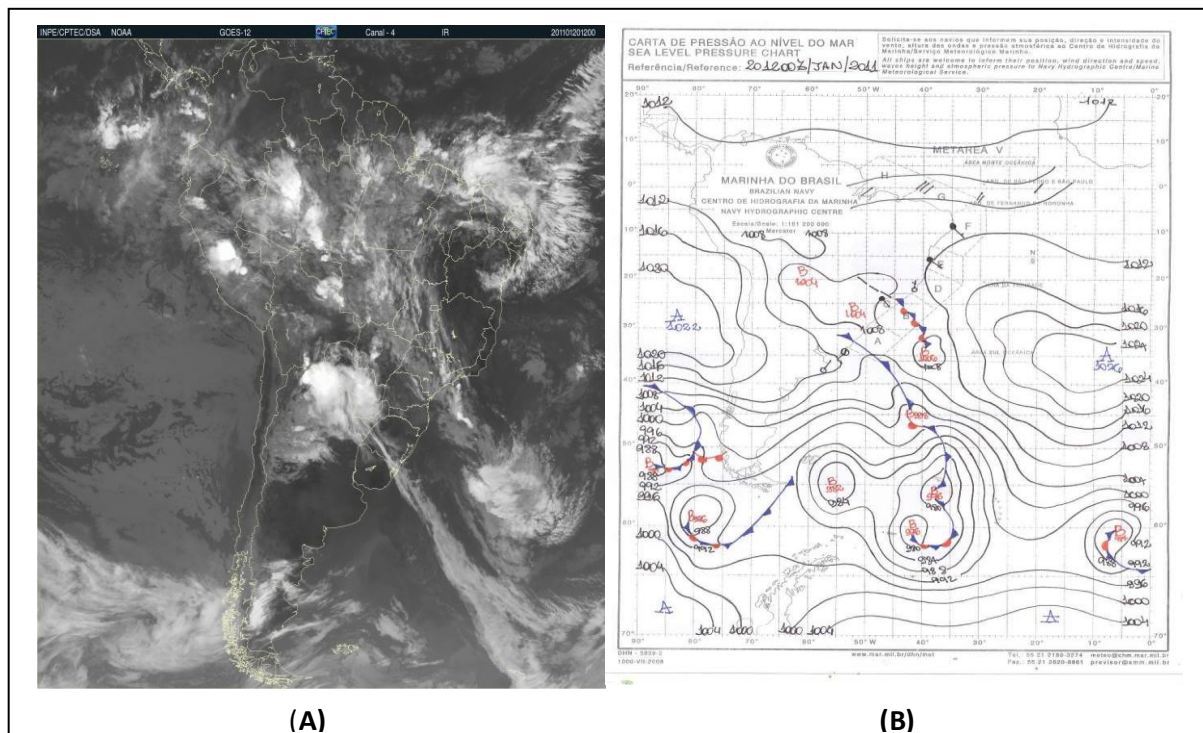


ausentes na pré-estação chuvosa, atuando em 24,4% da estação chuvosa, diminuindo sua ocorrência na estação seca, atuando em 9,8% dos dias deste período, sua participação anual foi de 12,3%. Para um maior detalhamento da atuação desses sistemas ao longo do referido ano, veja o Apêndice C.

### 3.3.3.1 Análise de Episódios

Na figura 11 A, podemos ver a atuação de um vórtice ciclônico de altos níveis em conjunto com a ZCIT, o VCAS atuou sobre esta região do dia 13/01 até o dia 23/01, porém, do dia onze até o dia vinte, esse sistema ainda não tinha provocado fortes chuvas, pois, era a parte central dele que estava atuando sobre João Pessoa, no dia 20/01 esse sistema recebeu impulso da ZCIT que esteve próximo aos 5° de latitude sul, dessa forma, esses sistemas geraram um total pluviométrico de 89,4 mm/dia, baixando a pressão atmosférica no nível de estação para 1009,3 hPa, registrou-se uma temperatura máxima de 30,4° C e umidade relativa de 98%. Os ventos sopraram de oeste. O VCAS continuou a atuar até o dia 23/01, quando se dissipou e gerou um total pluviométrico de 17 mm/dia.

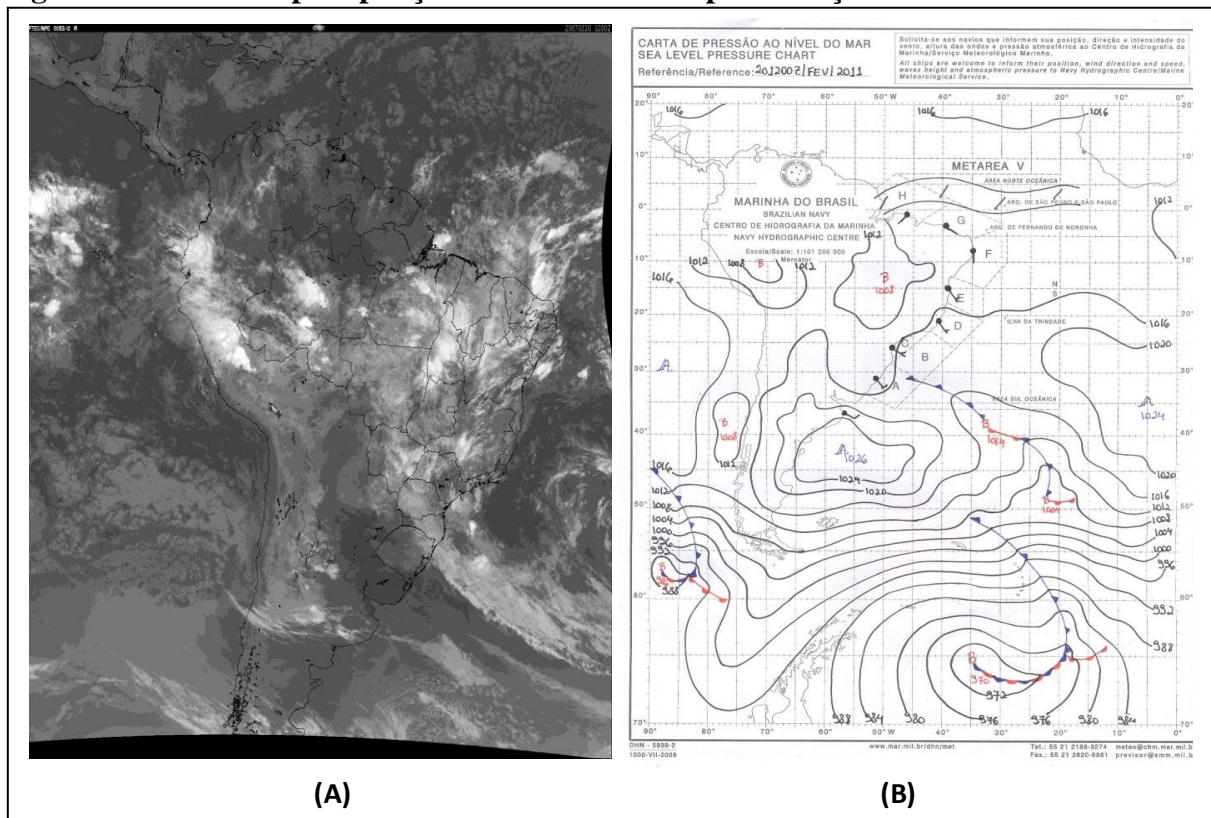
**Figura 11- Alta precipitação causada pela atuação de um VCAS associado com a ZCIT - 20/01/2011**



(A) Imagem do satélite meteorológico GOES 12, canal infravermelho, projeção America do sul, 12 GTM, dia 20/01/2011. (B) Carta de pressão ao nível do mar 12 GTM, referente ao mes mo dia. Fonte: CPTEC e Marinha do Brasil.

Na figura 12 A, podemos verificar forte nebulosidade associada à ZCIT, esta figura é referente ao dia 20/02, neste dia esse sistema provocou na cidade de João Pessoa um total pluviométrico de 119,8 mm/dia. Essa extrema concentração pluviométrica foi responsável por 54% do total da chuva precipitada sobre esta cidade no mês de fevereiro. Neste mês, a ZCIT atuou sobre a área de estudo durante boa parte dos dias, sendo responsável por quase toda a pluviosidade registrada para este mês na cidade. No dia 20/02 esse sistema reduziu a temperatura máxima, a umidade relativa esteve em 91%, quanto a pressão atmosférica, registrou-se 1013,6 hPa, referente a direção dos ventos, estes sopraram do sul.

**Figura 12-Evento de precipitação extrema causada pela atuação da ZCIT - 20/02/2011**



Atuação da ZCIT sobre a área de estudo. (A) Imagens do satélite meteorológico GOES 12, canal infravermelho, projeção America do sul, 12 GTM, dia 20/02/2011. Carta de pressão ao nível do mar 12 GTM, referente ao mes mo dia. Fonte: CPTEC e Marinha do Brasil.

### 3.4 Destaques na Variação da Atuação dos Sistemas Atmosféricos ao Longo dos Anos-Padrão.

No ano de 2006, tido como ano seco nesta pesquisa, a ZCIT apresentou fraca intensidade em sua atuação sobre João Pessoa, como podemos observar no quadro 6, este sistema não atuou durante o mês de Janeiro e fevereiro, diferente do que ocorreu no ano habitual e chuvoso, sua atuação só provocou chuvas no fim de março, enquanto que no mês de abril, mesmo tendo atuado durante vinte dias, só provocou chuvas mais significativas na segunda quinzena. É de se destacar, que este sistema tornou-se mais forte no mês de maio, influenciando significativamente as chuvas até a primeira metade de junho, fato que normalmente não ocorre em tal intensidade, tendo em vista que esse sistema inicia seu retorno para o hemisfério norte a partir de maio.

**Quadro 6 - Frequência Mensal da Atuação dos Sistemas Atmosféricos no Ano-Padrão Seco (2006)**

2006	PRÉ-ESTAÇÃO. CHUVOSA			ESTAÇÃO CHUVOSA				ESTAÇÃO SECA				
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
ZCIT	0	9	20	15	12	0	0	0	0	0	0	0
MTA	24	19	7	11	2	10	11	14	26	26	18	29
RFF	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0
VCAS	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	9	1
VCAS/ZCIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CCM's	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	2	0
CCMs/ZCIT	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
LI	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
LI/ZCIT	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	11	21	20	16	2	4	2	0

Fonte: Resultados alcançados a partir de dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

Outro fator a se destacar na atuação dos sistemas atmosféricos durante este ano está relacionado com os VCAS, comumente, este sistema está relacionado a altos índices pluviométricos, porém, deve-se observar que as localidades que se encontram no centro deste sistema apresentaram tempo bom, dessa forma, ao atuar sobre João Pessoa durante janeiro a março, este sistema posicionou-se de tal forma que não gerou pluviosidade na cidade de João Pessoa, tendo em vista que o centro deste sistema esteve sobre a referida cidade. As FF que atuaram na costa leste do Brasil neste ano, não se apresentaram fortes suficiente para causar repercussões sobre João Pessoa, apenas três frentes foram capazes disso, destas, apenas uma –

a que atuou em outubro – gerou repercussões leves, que se manifestaram durante três dias. No mês de Novembro, muitas outras frentes avançaram sobre o leste do NEB, porém, não foram capazes de gerar repercussões sobre o litoral paraibano.

Durante a estação chuvosa, as ondas de leste tiveram sua maior atuação para este período dentre os três anos analisados, porém, mesmo estando mais presente durante esta estação, não foram fortes o suficiente para gerar maiores totais pluviométricos, este sistema estendeu sua atuação até dezembro, mesmo que só com duas ocorrências neste mês, sendo o único ano a apresentar esse sistema no mês. Neste ano, ainda podemos notar sua menor atuação dos complexos convectivos e das LI, que apesar de não terem uma proporção percentual elevada, mas contribuem de forma significativa para maiores os índices de chuva nos meses da estação chuvosa.

No Ano-padrão habitual (2007) observa-se que ZCIT iniciou suas influências sobre as chuvas em João Pessoa, já a partir de janeiro (Quadro7), este sistema esteve mais presente no mês de março e abril, sendo o responsável por boa parte dos índices pluviométricos desses meses, encerrando sua participação no primeiro semestre deste ano, mais especificamente nos primeiros dias de junho, atuando apenas durante um dia. Nota-se no quadro 7 que este sistema voltou a atuar, mesmo que de forma tímida ainda em dezembro.

**Quadro 7 - Frequência Mensal da Atuação dos Sistemas Atmosféricos no Ano-Padrão Habitual (2007)**

2007	PRÉ-ESTAÇÃO. CHUVOSA			ESTAÇÃO CHUVOSA				ESTESTAÇÃO SECA				
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
ZCIT	8	16	9	5	1	0	0	0	0	0	2	4
MTA	4	13	15	10	8	10	15	22	24	27	28	20
RFF	2	0	0	8	7	3	0	0	0	0	0	0
VCAS	10	1	5	2	0	0	0	0	1	1	0	7
VCAS/ZCIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CCM's	1	1	0	2	5	3	0	0	0	0	0	0
CCMs/ZCIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LI	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Li/ZCIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	3	9	15	16	8	6	2	0	0

Fonte: Resultados alcançados a partir de dados disponibilizados pelo INMET. Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

A massa tropical atlântica foi menos participativa nos meses da estação chuvosa, porém, atuou em quase todos os dias de setembro, outubro, novembro dezembro e janeiro. Deve-se destacar que em 2007 as RFF foram bem mais participativas no primeiro semestre do



ano, neste, muitas frentes frias avançaram sobre o litoral leste brasileiro, porém, grande parte desses sistemas avançaram sobre o mar em sua incursão para latitudes mais baixas, uma destas conseguiu atingir o litoral paraibano em fevereiro (02/02), provocando 73 mm de pluviosidade.

Mesmo não sendo um sistema que atua durante vários dias do ano, mais os CCM's contribuíram significativamente para o alto total pluviométrico que ocorreu em junho de 2007, esse sistema mesmo tendo atuado em apenas 5 dias gerou um total de chuva próximo aos 200 mm, revelando que apesar de sua pouca frequência, este sistema é capaz de elevar significativamente os totais mensais de pluviosidade, mesmo que de forma concentrada. Quanto aos VCAS, assim como em 2006, só que, agora de forma mais intensa, um forte VCAS ao atuar sobre João Pessoa, posicionou-se de forma a permitir apenas a atuação do centro deste sistema sobre tal cidade, causando tempo bom, esse sistema atual dessa forma durante 12 dias (30/01 a 12/02) até se dissipar.

No ano-padrão chuvoso (2011), merece destaque a forte atuação da ZCIT, este sistema foi responsável pela maior parte dos altos índices de pluviosidade nos meses de janeiro, fevereiro, abril e maio, atuando em vários dias desses meses (Quadro 8). Quanto ao VCAS, este atuou em conjunto com a ZCIT no dia 02 e no dia 20 de janeiro provocando chuvas com um total de 50 e 89 mm respectivamente, deve-se destacar que neste mês, esse sistema apresentou um comportamento semelhante ao ocorrido nos outros anos desta análise, atuando em alguns dias, porém, sem provocar chuvas. Os VCAS foram mais atuantes nos primeiros meses do ano, de janeiro a abril como é comum. As RFF também foram fortes neste ano chuvoso, a atuação delas nos meses de maio e junho provocou altos totais pluviométricos diários. Os CCM's neste ano geraram no mês de julho um total de 134 mm em dois dias de atuação, o que somou significativamente para a pluviosidade deste mês, esta foi bem mais elevada do que neste mesmo mês para os outros dois anos-padrão, outro sistema responsável pelos quantitativos pluviométricos mais elevados no referido mês foi as OL, esse sistema também se mostrou intenso em sua atuação nos demais meses do referido ano.

**Quadro 8 - Frequência Mensal da Atuação dos Sistemas Atmosféricos no Ano-Padrão chuvoso (2011)**

2011	PRÉ-ESTAÇÃO. CHUVOSA			ESTAÇÃO CHUVOSA				ESTAÇÃO SECA				
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan
ZCIT	10	10	20	16	1	0	0	0	0	0	0	5
MTA	17	16	4	4	7	10	12	22	24	19	27	9
RFF	0	0	0	6	6	4	7	1	6	3	1	0
VCAS	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	3	13
VCAS/ZCIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
CCM's	0	0	0	2	4	4	1	0	0	0	0	0
CCMs/ZCIT	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LI	0	0	0	2	5	1	0	0	0	1	0	2
Li/ZCIT	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
OL	0	0	0	0	7	12	11	7	1	7	0	0

Fonte: Resultados obtidos a partir de dados disponibilizados pelo INMET.

Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

Como uma síntese do que foi exposto nos quadros 6, 7 e 8, podemos observar no quadro 9 a atuação total anual de cada sistema. Após este detalhamento da pluviosidade anual, mensal e diária, bem como da atuação dos sistemas atmosféricos que causaram chuvas ou não em João Pessoa ao longo destes três anos mais representativos da série temporal analisada, tornou-se claro por meio desta análise o ritmo dos sistemas atmosféricos, em suas sucessões e combinações habituais ou afetadas por irregularidades,

**Quadro 9 - Frequência Anual da Atuação dos Sistemas Atmosféricos nos Anos-Padrão**

2006 (Ano Seco)	Total	2007 (Ano Habitual)	Total	2011 (Ano Chuvoso)	Total
ZCIT	56	ZCIT	45	ZCIT	62
MTA	197	MTA	196	MTA	171
RFF	5	RFF	20	RFF	34
VCAS	18	VCAS	27	VCAS	26
VCAS/ZCIT	0	VCAS/ZCIT	0	VCAS/ZCIT	2
CCM's	7	CCM's	12	CCM's	12
CCMs/ZCIT	1	CCMs/ZCIT	0	CCMs/ZCIT	1
LI	6	LI	6	LI	13
Li/ZCIT	3	Li/ZCIT	0	Li/ZCIT	2
OL	76	OL	59	OL	45

Fonte: Dados disponibilizados pelo INMET.

Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

A partir dos resultados apresentados até o momento, foi construído por último o quadro 10, esse representa uma síntese da atuação dos sistemas atmosféricos sobre João Pessoa ao longo de um ano, construído com base no comportamento dos referidos sistemas ao

longo dos anos analisados, vale ressaltar que não existem padrões fixos na ocorrência dos sistemas de meso-escala, dessa forma, determinados sistemas "podem" chegar a ocorrer em períodos que não seja comum a sua ocorrência.

**Quadro 10 - Síntese Mensal da Frequência da Atuação dos Sistemas Atmosféricos em João Pessoa para os Anos-Padrão**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
ZCIT												
MTA												
RFF												
VCAS												
CCM's												
LI												
OL												
<div> <div></div> Atuação Forte           <div></div> Atuação Moderada           <div></div> Atuação Irregular           <div></div> Não Atuante         </div>												

Fonte: Resultados obtidos a partir de dados disponibilizados pelo INEMET, CPTEC/INPE e Marinha do Brasil.  
Organização: Michael Douglas Barbosa Pereira

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a aplicação da técnica Análise Rítmica observou-se tendências contrárias na atuação dos sistemas atmosféricos ao compararmos o ano-padrão seco (2006) com o chuvoso (2011). Durante o ano 2006 a ZCIT atuou com fraca intensidade, não gerando grandes totais pluviométricos, o mesmo se repete com as Ondas de Leste, RFF e CCM's, estes dois últimos sistemas, apesar de não atuarem durante muitos dias no ano, foram responsáveis pela gênese de grandes totais pluviométricos. No ano 2007, a atuação desses sistemas se deu de forma bem mais forte, a ZCIT foi a responsável pelas maiores alturas pluviométricas nos primeiros meses do ano, enquanto que nos meses de junho a agosto, o maior responsável pela pluviosidade são as Ondas de Leste, porém, estes meses também contam com a atuação de uma maior variedade de sistemas, isso explica os altos índices pluviométricos nesses meses, é tanto que neste ano as RFF e os CCM's também tiveram uma forte atuação.

A pesquisa indicou que o principal sistema atmosférico responsável pelos totais pluviométricos durante a pré-estação chuvosa é a ZCIT, enquanto que na estação chuvosa esse sistema ainda exerce forte influência durante o mês de maio, a partir deste mês as RFF (este sistema apresenta maior expressão em sua atuação durante os meses da estação chuvosa) e CCM's passam a ter uma forte atuação, este último também atua durante a pré-estação chuvosa, porém com menos frequência, e as OL é o sistema de maior presença durante os meses da estação chuvosa, sendo, portanto, o principal para este período. Na estação seca o sistema atmosférico predominante é a MTA, essa massa gera bom tempo, proporcionando os baixos índices pluviométricos para este período, diminuindo sua atuação a partir de janeiro, quando começa a dar lugar novamente a ZCIT. Constatou-se também que em João Pessoa, a pluviosidade mostra-se concentrada, mesmo que em boa parte dos dias ocorra pluviosidade.

A utilização da Análise Rítmica é de fundamental importância para o desenvolvimento de uma climatologia geográfica, sendo de grande relevância para a compreensão dos climas e da dinâmica dos sistemas atmosféricos, contribuindo com as atividades econômicas, o que faz com que a sua utilização apresente um diferencial significativo na compreensão desses fatores.

Como exposto no início desta pesquisa, tal estudo foi materializado com intuito de colaborar para o melhor entendimento da atuação dos sistemas atmosféricos em João Pessoa, contribuir desta forma com o planejamento urbano local, oferecendo ainda, uma pequena colaboração científica aos estudos de dinâmica climática e dos sistemas atmosféricos atuantes no leste do Nordeste. Sabe-se que muito ainda se precisa investigar sobre a realidade climática

do Nordeste, por isto, esta pesquisa não se encerra por aqui, pois, as inquietações que levaram a tal, e os anseios geográficos em busca de maiores compreensões continuam como perspectivas futuras.

Por fim, como última explanação, espera-se, que o homem ao modificar o espaço natural transformando-o em espaço geográfico, motivado em parte por sua busca constante e insaciável pela satisfação de suas necessidades, e por outro lado motivado pelas imposições capitalistas atuais, que este jamais menospreze ou subestime o papel fundamental do clima na organização do espaço, pois, mesmo antes da chegada de qualquer ser humano a determinado lugar, ou antes, das modificações feitas por este, o clima em seu ritmo habitual ou extremo já exercia suas influências, o que não deixará de acontecer a partir das atuações humanas sobre o espaço. Portanto, cabe a este, o humano, moldar-se, prevenir-se e planejar-se, incorporando o raciocínio do clima como componente integrado e não separado da organização do espaço geográfico em sua abordagem dinâmica.

## REFERENCIAS

- BARROS, J. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo.** (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UEP. Rio Claro/SP. 2003. 221 p.
- BARROS, J. R; ZAVATTINI, J. A. **Bases Conceituais em Climatologia Geográfica.** Revista Mercator. Ceará. ano 8, n.16, p 255 - 260, 2009. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/289/235>. Acesso em: 03/04/2013.
- BERLATO, M. A; FONTANA, D. C. **EL NIÑO e LA NIÑA Impactos no Clima, na Vegetação e na Agricultura do Rio Grande do Sul, Aplicações de Previsões Climáticas na Agricultura.** Editora UFRGS. Ed.1. 2003. 112p.
- CARVALHO, L. M. V; JONES, C. **Zona de Convergência do Atlântico Sul.** In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS (orgs). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo/SP, Oficina de Texto. 2009. 463p.
- CARVALHO, M. GELZA, F. **Estado da Paraíba: Classificação Geomorfológica.** João Pessoa, Ed. Universitária/Funape, 1982. 67p
- CAVALCANTI, I. F. A; KOUSKY, V. E. **Frentes Frias Sobre o Brasil.** In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS (orgs). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo/SP, Oficina de Texto. 2009. 463p.
- CPTEC/INPE. **Imagem do Satélite Meteorológico geoestacionário GOES 12, IR 4, 12 GTM.** Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp>. Acesso em: 14/01/2014.
- CPTEC/INPE. **Síntese Sinótica do Mês de Novembro de 2013.** Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/125522>. Acesso em: 14/01/2014.
- DIAS, M. A. F. S; ROZANTE, J, R; MACHADO, L. A. T. **Complexos Convectivos de Meso Escala na América Do Sul.** In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS (orgs). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo/SP, Oficina de Texto. 2009. 463p.

FERREIRA, A. G; MELLO, N.G.S. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região**. Revista Brasileira de Climatologia, vol.1, nº 1. p.15-28, 2005.

FILHO, M. F. G; SOUZA, E P; BECKER, C. T. **Sistemas Convectivos de Mesoescala com Precipitação Intensa na Paraíba: Um Estudo de Caso**. Revista Brasileira de Meteorologia. Vol. 11, n.1. p. 36 - 43, 1996.

FUNCEME. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste**. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/saiba-mais/sistemas-atmosfericos-atuantes-sobre-o-nordeste> ; Acesso em: 14/01/2013.

FUNCEME. **Sistemas Meteorológicos Causadores de Chuvas na Região Nordeste do Brasil**. Boletim especial, 2006. *Apud* Moura. M. O. O Clima de Fortaleza sob o nível do campo térmico. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFC. Fortaleza/CE. 2008. 318 p.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. **Atlas Geográfica da Paraíba**. João Pessoa, Grafset, 1985.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14/01/2013.

INMET. **Imagem do Satélite Meteorológico geoestacionário GOES 13, IR 4, 12 UTC**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=satelites/goesAsInfravermelho>. Acesso em: 13/01/2014.

LUCENA, J A. **Dinâmica Climática e Produção Agropecuária no Município de Caicó/RN**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPB. João Pessoa/PB. 2012. 122p.

MARINHA DO BRASIL. **Carta de pressão ao nível do mar - 12 GTM**. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>. Acesso em: 13/01/2014.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, A. **As Cidades e a Precipitação uma Relação Demasiado Briguenta**. Revista Brasileira de Climatologia. vol.1, nº 5. p. 7-25, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. Série Climatologia, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Da Necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática (Algumas Considerações Metodológicas a Propósito do Estudo do Brasil Meridional)**. Revista Geográfica. Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976. p 30.

MORIZE, H. **Contribuição ao estudo do clima do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1922. 116 p. *Apud* SANT'ANNA NETO, J. L. A gênese da climatologia no Brasil: O despertar de uma ciência. Revista Geografia, Rio Claro/SP. V.28, n.1, p. 5- 27, 2003.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p.

PÉDELABORDE, P. **Le climat du Bassin Parisien: essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique**, Paris. Editions M.T. Leinin / Librairie Medicis, 1957. *Apud* ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático. Revista Geografia/SP. Rio Claro, v. 23, n. 3, p. 5 - 24, 1998.

PEREIRA, M. D. B; MONTEIRO, D. C. S; SILVA, N. T; MOURA, M. O. **Avaliação Quantitativa das Precipitações Diárias Intensas na Cidade de João Pessoa, Paraíba**. Revista GeoNorte, Manaus. Edição especial 2, 2012. p 921 - 929. Disponível em: [www.revistageonorte.ufam.edu.br/](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/). Acesso em: 02/09/2013.

ROCHA A. M. G. C; GANDU A. W. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul**. In: Climanálise, Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Edição Especial, CPTEC/INPE,



1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/16.html>. Acesso em: 24/01/2013.

SANT'ANNA NETO, J. L. **A gênese da climatologia no Brasil: O despertar de uma ciência**. Revista Geografia, Rio Claro/SP. V.28, n.1, p. 5- 27, 2003.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima e organização do espaço**. Boletim de geografia. Maringá/PR, v 16, n. 1, p 119 - 130, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista**. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP. São Paulo/SP. 1990. 168p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da climatologia Geográfica à Geografia do Clima, Gênese, Paradigma e Aplicações do clima como Fenômeno geográfico**. Revista AMPEGE, v.4, p. 61 - 88, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. **A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico**. In: Margarete C. de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant'Anna Neto; Ana Monteiro. (Org.). Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso. 1ed. São Paulo: Outras Expressões, v. 1, p. 11 - 73, 2013.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba**. (Dissertação de Mestrado). Campina Grande/PB. Programa de Pós-graduação em Meteorologia/UFCG. 2007. 114p.

SILVA, L. M. T. **A Paisagem Ameaçada do Cabo Branco no Extremo Oriental das Américas, em João Pessoa, Paraíba**. XII Encuentro de Geografos da América Latina. Montevideo, 2009. Disponível em: [www.ligiatavares.com/gerencia/uploads/arquivos/95b133b5e095b118917c8331bf982aca.pdf](http://www.ligiatavares.com/gerencia/uploads/arquivos/95b133b5e095b118917c8331bf982aca.pdf). Acesso em: 27/01/2014.

SILVA, L. M. T. **João Pessoa: Planejamento urbano e Qualidade de vida**. IN: Política Hoje - Revista do Mestrado em Ciência Política da UFPE. V 3, nº 6, p. 61 - 78. Recife, UFPE. 1996.

SORRE, M. **Les fondements biologiques de la géographie humaine: essai d'une écologie de l'homme**. Paris: Armand Colin, 1943. 440p. *Apud* SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia Geográfica à Geografia do Clima, Gênese, Paradigma e Aplicações do clima como Fenômeno geográfico. Revista AMPEGE, v.4, p. 61 - 88, 2008.

SORRE, M. **Lesfondements de lageographiehumaine**. 3eme. ed. Paris: Armand Colin, 1951. *Apud* BARROS, J. R. As chuvas no distrito Federal: O Regime e as Excepcionalidades do Ritmo. (Dissertação de Mestrado). Rio Claro/SP. Programa de Pós Graduação em Geografia - Área de Concentração em Análise da Informação Espacial/UNESP. 2003. 220p.

SOUZA, C. F. **Dinâmica Climática e as Chuvas no Nordeste Brasileiro no Eixo Barra do Corda/MA - Natal/RN (relações com o fenômeno EL Niño)**. (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP - Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1998. 325p.

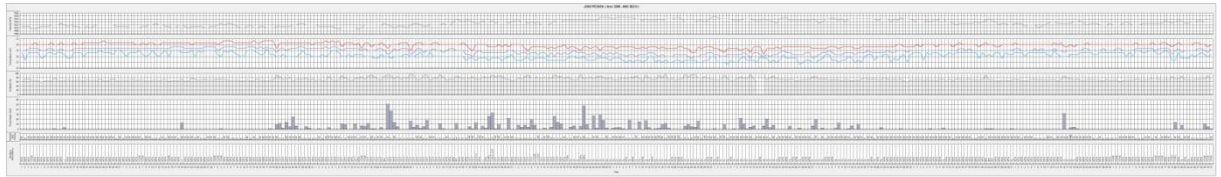
ZAVATTINI, J. A. **A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático**. Revista Geografia/SP. Rio Claro, v. 23, n. 3, p. 5 - 24, 1998.

ZAVATTINI, J. A. **O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira**. Revista Geografia, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25 - 43, 2000.

## **APÊNDICES**

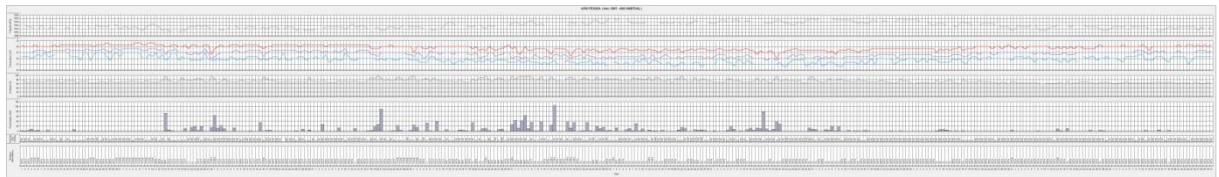
## APÊNDICE A

### Gráfico da Análise Rítmica, Ano 2006



## APÊNDICE B

### Gráfico da Análise Rítmica, Ano 2007



## APÊNDICE C

### Gráfico da Análise Rítmica, Ano 2011

